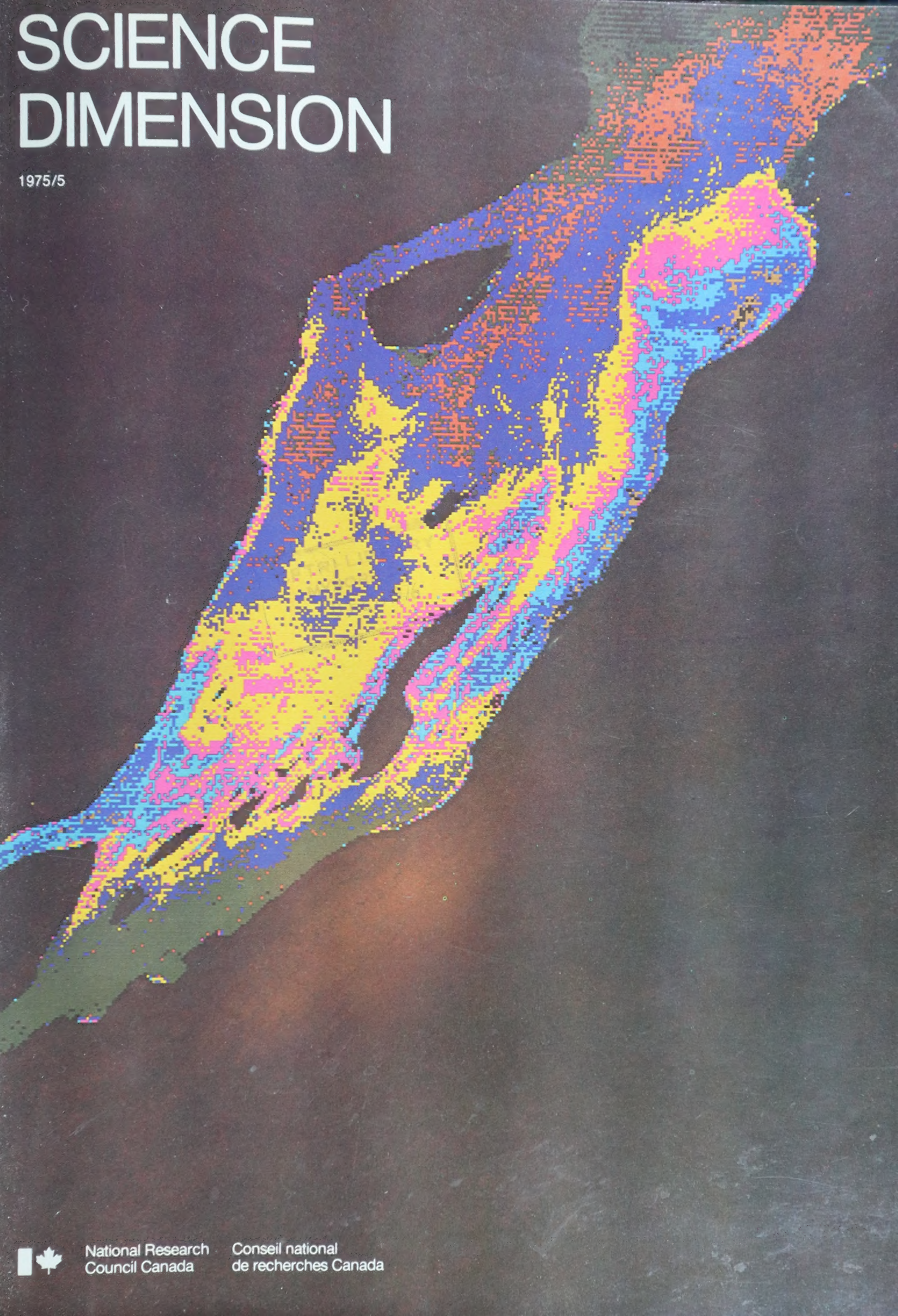


SCIENCE DIMENSION

1975/5



National Research
Council Canada

Conseil national
de recherches Canada

SCIENCE DIMENSION

Vol. 7 No 5 1975

Contents / Sommaire

- 4 **"Mission St. Lawrence"**
CENTREAU — Laval University's water-re-source research center.
- "Mission Saint-Laurent"** 5
CENTREAU — un centre de recherches sur l'eau à l'Université Laval
- 8 **The second time around**
Disposing of waste oils — a health and environmental problem.
- Du bon usage de l'huile usagée** 9
Comment se débarrasser des huiles usagées.
Problème de la santé et de l'environnement.
- 12 **Biological control switch**
Synthetic gene exhibits same biological activity as natural one.
- Contrôle génétique** 13
Le gène synthétique a la même activité biologique que le gène naturel.
- 16 **Logging nature's ways**
The International Biological Program — a venture in scientific cooperation.
- Les processus de la biosphère** 17
Le Programme biologique international, collaboration scientifique à l'échelle internationale.
- 24 **Radar watch on the rain**
Research program provides information on reducing disruption to communications.
- La surveillance radar de la pluie** 25
Le programme de recherche fournit des données sur la manière de réduire les perturbations dans les communications.
- 28 **In the full tide of successful experiment**
Churchill harbor — scale-modelling to investigate ways of extending ice-free period.
- En plein succès expérimental** 29
Un modèle réduit du port de Churchill sert à étudier la manière de prolonger la saison de navigation.

Science Dimension is published six times a year by the Public Information Branch of the National Research Council of Canada. Material herein is the property of the copyright holders. Where this is the National Research Council of Canada, permission is hereby given to reproduce such material providing an NRC credit is indicated. Where another copyright holder is shown, permission for reproduction should be obtained directly from that source. Enquiries should be addressed to: The Editor, Science Dimension, NRC, Ottawa, Ontario. K1A 0R6, Canada. Tel. (613) 993-3041.

La revue Science Dimension est publiée six fois l'an par la Direction de l'information publique du Conseil national de recherches du Canada. Les textes et les illustrations sont sujets aux droits d'auteur. La reproduction des textes, ainsi que des illustrations qui sont la propriété du Conseil, est permise aussi longtemps que mention est faite de leur origine. Lorsqu'un autre détenteur des droits d'auteur est en cause la permission de reproduire les illustrations doit être obtenue des organismes ou personnes concernés. Pour tous renseignements, s'adresser à la rédactrice-en-chef, Science Dimension, CNRC, Ottawa, Ontario. K1A 0R6, Canada. Téléphone: (613) 993-3041.

BRISTOW GUY BALLARD (1902-1975)

A distinguished Canadian and former President of the National Research Council of Canada (NRC) and Canadian Patents and Development Limited (CPDL), died in Ottawa on 22 September.

Dr. Ballard was born at Fort Stewart, Ontario. Following graduation from Queen's University in 1924 with a B.Sc. degree in Electrical Engineering, he joined Westinghouse Electric and Manufacturing Company at East Pittsburgh, Pennsylvania, U.S.A. During the next five years, he worked on the design and control of locomotive motors, a subject in which he maintained an interest through his entire career.

In a sense, the National Research Council and Dr. Ballard grew up together. Since early 1930, when he joined NRC as an electrical engineer, the progressive advancement of the National Research Council was closely paralleled by Dr. Ballard's own career. He spent the 10 pre-war years building up the Electrical Engineering Section of the Division of Physics. During this period, in addition to acting as consultant in all electrical engineering matters, he developed varied equipment for a high voltage laboratory.

Following the outbreak of World War II, Dr. Ballard's engineering staff expanded rapidly and under his leadership made a significant contribution to the development of mine sweepers which were used to detect and destroy enemy magnetic mines on both the east and west coasts as well as on the high seas. For this achievement, Dr. Ballard was made an Officer of the Order of the British Empire in 1946. Other wartime investigations were concerned with engineering and control problems arising in equipment on ships and tanks and in the detection of aircraft by means of radar.

After the war, Dr. Ballard became the first Director of the newly-formed Radio and Electrical Engineering Division. In 1954, he became a Vice-President with special responsibility for research in the engineering divisions. In 1963, he was named President of the National Research Council, a post he held for the next four years until his retirement.

As the chief executive officer of NRC, Dr. Ballard played a prominent role in the promotion of research and engineering in Canada. This was particularly evident in the increasingly successful efforts to stimulate research activities in university engineering departments. He also implemented and expanded a program of Industrial Research Assistance to encourage industrial firms to take over new designs and developments at the earliest possible stages and to establish their own research laboratories. This lifelong interest in innovation also involved him in an active role as member of the Board of Directors of Canadian Patents and Development Limited (an NRC subsidiary), from 1963-1970, and as its President from 1967-1970.

Dr. Ballard maintained close contact with professional engineering activities both in Canada and abroad. He was an Honorary Member and Past President of the Engineering Institute of Canada, a Fellow of the Institute of Electrical and Electronics Engineers, a Fellow of the Royal Society of Canada, and an Honorary Member of the Instrument Society of America. He was a member of the Board of Directors and Past President of the Canadian Standards Association and played a very active part in the development of a Canadian standards program.

His achievements in providing responsive leadership to the National Research Council, industry, universities, and his community, were widely recognized by numerous honorary degrees from universities and honors distinctions from professional societies and associations in Canada and abroad. □

Managing Editor Loris Racine Directeur
Editor Joan Powers Rickerd Rédactrice-en-chef
Associate Editors Wayne Campbell
Dr. Wally Cherwinski Rédacteurs-en-chef adjoints
Designer and Print Supervisor Robert Rickerd Maquettiste et contrôleur de l'impression
Photography Bruce Kane Photographie
Printer Mortimer Imprimeur
31059-5-0001

BRISTOW GUY BALLARD (1902-1975)

CFTRI LIBRARY
MYSORE-2A
10 FEB 1975

Un Canadien de haute distinction, ancien président du Conseil national de recherches du Canada (CNRC) et de la Société canadienne des brevets et d'exploitation limitée (SCBE) est mort à Ottawa, le 22 septembre.

Le Dr Ballard est né à Fort Stewart, Ontario. Après avoir obtenu un B.Sc. en génie électrique, en 1924, à l'Université Queen's, il a travaillé pour la compagnie Westinghouse Electric and Manufacturing, d'East Pittsburgh, en Pennsylvanie, aux États-Unis. Au cours des cinq années suivantes, il a travaillé sur la conception et le contrôle de moteurs de locomotives, domaine auquel il s'est toujours intéressé.

Dans un certain sens, le Conseil national de recherches et le Dr Ballard ont grandi ensemble. Depuis le début de 1930, lorsqu'il est entré au CNRC comme ingénieur électricien, le développement progressif du Conseil national de recherches s'est opéré de près en parallèle avec la progression de carrière du Dr Ballard. Il a passé les dix années d'avant-guerre à monter la section de génie électrique de la Division de physique. Au cours de cette période, en plus de servir de conseiller pour toutes les questions de génie électrique, il a mis au point différents équipements pour un laboratoire des hautes tensions.

Dès le début de la Deuxième Guerre mondiale, le groupe d'ingénieurs du Dr Ballard s'est rapidement développé et, sous sa direction, a beaucoup contribué au développement des dragueurs de mines pour détecter et détruire les mines magnétiques ennemies. Pour cette réussite, le Dr Ballard a été nommé "Officer of the Order of the British Empire" en 1946 (Officier de l'Ordre de l'Empire britannique). D'autres études du temps de guerre se rapportaient aux problèmes de contrôle et de génie liés aux équipements à bord de bateaux et de chars d'assaut et à la détection des avions au moyen du radar.

Après la guerre, le Dr Ballard est devenu le premier directeur de la Division de génie électrique nouvellement créée. En 1954, il a été nommé vice-président avec la responsabilité spéciale de la recherche dans les divisions de génie. En 1963, il a été nommé président du Conseil national de recherches, poste qu'il a conservé pendant les quatre années qui ont précédé sa retraite.

En tant qu'officier en chef de l'exécutif du CNRC, le Dr Ballard a joué un rôle proéminent dans la promotion de la recherche et du génie au Canada, particulièrement dans les département de génie des universités. Il a aussi mis en oeuvre et développé un programme d'assistance à la recherche industrielle pour encourager les firmes industrielles à continuer les travaux sur de nouveaux concepts et des développements aussitôt que possible et à établir leurs propres laboratoires de recherche. Cet intérêt dans l'innovation tout le long de sa vie l'a aussi conduit à avoir un rôle actif comme membre du Conseil d'administration de la Société canadienne des brevets et d'exploitation limitée, filiale du CNRC, de 1963 à 1970, puis comme son président de 1967 à 1970.

Le Dr Ballard est resté en contact étroit avec les activités de génie professionnel tant au Canada qu'à l'étranger. Il a été membre honoraire et ancien président de l'Institut canadien des ingénieurs, "Fellow" de l'Institut des ingénieurs électriciens et électroniciens, "Fellow" de la Société royale du Canada et membre honoraire de la "Instrument Society of America". Il a été membre du Conseil d'administration et ancien président de l'Association canadienne de normalisation et il a joué un rôle très actif dans le développement du Programme canadien de normalisation.

Sa réussite en assurant une direction éclairée au Conseil national de recherches, et en ayant une forte influence dans l'industrie, dans les universités et dans son propre milieu, a été reconnue très largement si l'on en juge par ses nombreux diplômes honoraires universitaires et par les distinctions honorifiques qui lui ont été accordées par des sociétés et des associations professionnelles tant au Canada qu'à l'étranger. □



An interdisciplinary approach — “Mission St. Lawrence”

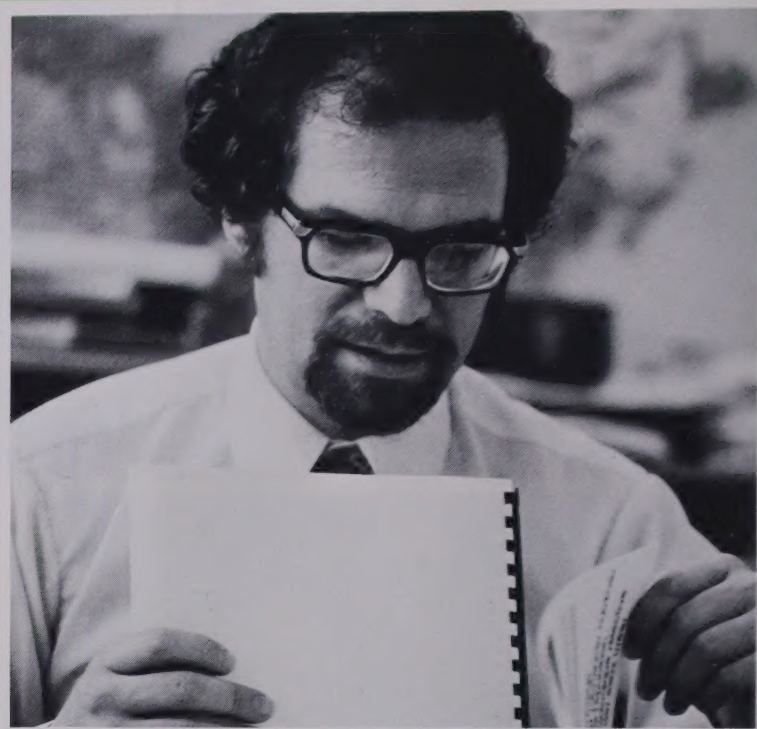
In 1968, a water-resource research center called CENTREAU was created by Laval University to study the St. Lawrence River and other Canadian waterways. Its 30-odd projects are closely linked to the protection and optimization of those benefits which we extract from water, Canada's most abundant and productive natural resource.

The St. Lawrence has played a capital role in the development of Canada since it channelled the first known European incursion into Canada's interior and served as a base for the exploration of a great part of North America. Because of its geographical location, 80,000 to 100,000 settlers a year followed its course between 1886 and 1891. Dauntless fur trappers like the legendary des Groseilliers and Radisson plied their trade as early as the 17th century; the St. Lawrence was their access route to an unexplored wilderness. However, hundreds of years of coexistence between Canadians and the St. Lawrence has done little to increase available scientific knowledge of this great river.

In November 1968, a water-resource research center called CENTREAU was created by Laval University in Quebec City to fill this gap. Originally, it was to operate as an interdisciplinary research center on the St. Lawrence. Among CENTREAU's aims since then have been the training of specialists in the field of water research within an interdisciplinary context as well as the formation of homogeneous teams, each constituting a specialty unit in various fields such as hydrology, sedimentology and limnology. Approximately 20 teacher-scientists are attached to CENTREAU; nine full-time researchers have also been assigned to the center's eight teams, as well as 14 research assistants and 37 graduate students. Their total budget of \$500,000 is composed of grants from various federal and provincial organizations, the National Research Council of Canada providing 20 per cent of this amount.

As part of CENTREAU's research on the St. Lawrence, Dr. Alain Soucy, professor in the Faculty of Sciences and Engineering at Laval University and former Director of CENTREAU, has concentrated his work on the study of sediments, the matter composed of particles which fall by gravitation to the bottom of a liquid in which they were initially dissolved or suspended. In the St. Lawrence, sediments are made up of a wide spectrum of organic and inorganic substances. These range from minute colloidal particles no larger than a fraction of a micromillimeter to much larger grains of sand. While the smaller particles are kept in suspension by the speed and turbulence of the water, the larger sediment particles follow the riverbed. The nutritive components of sediment include all those organic and mineral compounds which interact biologically with the sediment particles; among these are derivatives of carbon, nitrogen and phosphorus. Sediments also contain minerals such as quartz, mica and granite, and traces of heavy metals. The waterways Canadians enjoy daily or on yearly holiday treks are influenced as much by chemical fertilizers and weed killers as by the various pollutants that constitute metropolitan sewage. Where do the sediments carried by the St. Lawrence originate? Their movement depends to a large extent on prevalent hydrological conditions: precipitation, runoff, spring thaw and floods, low water levels, heavy drainage of riverbanks and soil erosion all contribute sediment to the waterway.

How do sediments affect the quality of the water? We know little about the physical and chemical behavior of solids in the St. Lawrence or their interactions with the ecosystem in general. However, CENTREAU studies have shown the important role of sediments, particularly in pollution transport and control processes. Sediment analysis has established that the minute elements in sediment particles have a certain capacity for adsorption which leads to a temporary self-



Paul E. Lambert

Dr. Alain Soucy, professor in the Faculty of Sciences and Engineering at Laval University and former Director of CENTREAU.

Le Dr Alain Soucy, professeur titulaire à la Faculté des sciences et de génie de l'Université Laval et ancien directeur de CENTREAU.

Dans un contexte multidisciplinaire "Mission Saint-Laurent"

En 1968, l'Université Laval créait un centre de recherches sur l'eau (CENTREAU), dans le but d'étudier les voies navigables canadiennes, entre autres le Saint-Laurent. Ses quelque trente projets sont étroitement liés à la protection et à l'optimisation des bénéfices tirés de l'eau, une des ressources naturelles les plus abondantes et les plus productives du Canada.

Le Saint-Laurent a joué un rôle exceptionnel dans le développement du pays puisqu'il a canalisé la première incursion européenne à l'intérieur du Canada et servi de base à l'exploration d'une grande partie de l'Amérique du Nord. A cause de sa situation géographique, ce grand fleuve a joué un rôle de premier plan dans le peuplement du pays: de 80,000 à 100,000 colons l'ont utilisé chaque année entre 1886 et 1891. Dès le 17^{ième} siècle, des Groseillers et Radisson, ces coureurs des bois intrépides, s'adonnaient à la traite des fourrures; le Saint-Laurent était pour eux la voie d'accès vers l'intérieur encore inexploré du pays. Cependant, après 300 ans, les Canadiens n'ont pas sensiblement accru leurs connaissances scientifiques concernant cet important cours d'eau.

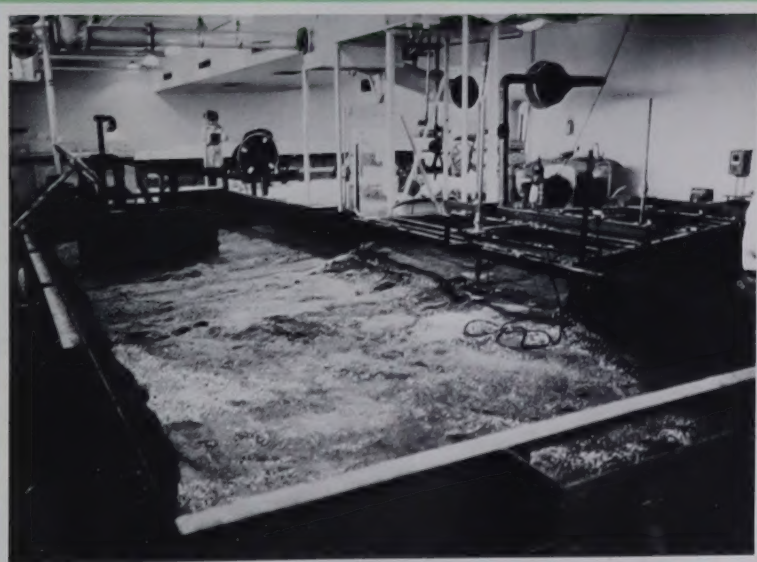
L'Université Laval devait combler cette lacune en créant, dès novembre 1968, un centre de recherches sur l'eau (CENTREAU), dans le cadre d'une mission de recherches interdisciplinaires sur le Saint-Laurent. Les lignes essentielles du programme de recherche que CENTREAU poursuit présentement incluent la formation de spécialistes du domaine de l'eau dans un contexte interdisciplinaire et la mise sur pied d'équipes de recherche homogènes devant constituer chacune un groupe d'excellence dans un domaine donné, par exemple l'hydrologie, la sédimentologie et la limnologie. Le nombre de professeurs participant à CENTREAU se situe aux environs d'une vingtaine; neuf chercheurs à plein temps ont aussi été affectés aux huit équipes de CENTREAU, ainsi que quatorze assistants de recherche et trente-sept étudiants gradués. Leur budget global se maintient aux environs de \$500 000, ce montant provenant de subventions de divers ministères fédéraux et provinciaux, dont 20 p. cent du Conseil national de recherches du Canada.

Comme premier champ de recherche incorporant cette préoccupation majeure qu'est l'étude du Saint-Laurent, le Dr Alain Soucy, professeur titulaire à la Faculté des sciences et de génie de l'Université Laval et ancien directeur de CENTREAU, a misé très tôt sur la sédimentologie, cette science axée sur l'étude des dépôts dûs à la précipitation de matières en suspension ou en dissolution dans un liquide. Les sédiments du Saint-Laurent sont constitués d'une gamme de substances organiques et inorganiques allant du minuscule au plus grossier, de particules colloïdales ne dépassant pas une fraction de micron aux grains de sables. Les particules fines sont maintenues en suspension dans l'eau par la vitesse et la turbulence de l'écoulement; les sédiments plus gros se meuvent sur le fond. Les apports nutritifs comportent tous les composés organiques et minéraux participant à la vie biologique, dont les dérivés du carbone, de l'azote et du phosphore, qui peuvent interagir avec les sédiments. Les sédiments comportent aussi des minéraux tels le quartz, le mica et le granit, et des éléments-traces tels les métaux lourds. Les engrais chimiques, les herbicides et les multiples polluants des égouts de nos grandes villes sont des éléments qui influent sur les sédiments charriés par le cours d'eau depuis divers coins du pays. Leur transport est conditionné au préalable par le régime hydrodynamique: précipitation, ruissellement, crues printanières et étiages, fonte des neiges, drainage intensif des rives et érosion des sols; tous contribuant aux sédiments des cours d'eau.

Quel rôle les sédiments jouent-ils dans la qualité de l'eau? Le comportement physique et chimique des solides dans le fleuve Saint-Laurent et leurs interactions avec l'éco-

CENTREAU researchers use an estuary model in their research.

Les chercheurs de CENTREAU utilisent un modèle d'estuaire au cours de leurs enquêtes.



Paul E. Lambert

"Mission St. Lawrence"

purification of the environment. However, the junction of two waterways of different characteristics and the presence of salty or brackish water in the estuary can promote the desorption of substances previously adsorbed on the surface of the sediments. Moreover, bacterial action in settling zones can biochemically transform previously inert pollutants, which then pass into the ecosystem's food chain. Further research must then be undertaken to determine the limitations of this self-purification mechanism.

In order to elucidate this question while still confining the subject to the limits of "Mission St. Lawrence", Dr. Soucy is currently studying the effect of salinity suspensions found in the middle estuary of the St. Lawrence. This section of the estuary was chosen because it represents a particularly fragile ecosystem, a zone where heavy mixing occurs between fresh and salt water. As a result, the relationship between biological and chemical equilibria is highly uncertain. The St. Lawrence estuary is characterized by an area of turbidity which is subject to cyclical variations in salt content.

There is no simple technique which would permit a representative sampling of such a vast estuary; the researchers use indirect methods and partial measures in order to follow a particular phenomenon. To study the quality of suspensions and examine their stability, samples are pumped to the surface and stored in polyethylene bottles, sometimes for a period of several days. It has been found that the greatest variations from the natural state stem from changes in temperature and turbulence, since suspensions tend toward a new equilibrium when subjected to a new milieu. Weight causes a sedimentation of suspensions, thus eliminating the heavier particles. To counteract this, the samples are shaken before being analyzed in the laboratory.

The researchers thus use three measuring techniques to obtain data: one, electron microscopy, makes it possible to visualize and photograph primary particles both individually and aggregated in masses. Another means of measurement, the Coulter meter, detects resistance variations in an electrical circuit when particles are forced through a small opening. In this way, 4,000 particles per second can be classified according to size or volume. Finally, scientists have developed a method of ultramicroscopy which uses an argon laser in continuous radiation at a maximum power of four to five watts. The laser passes beams of light through a cylindrical lens measuring 150 mm (6 in.) in diameter. As they exit, the beams are directed through an optical cell which contains the solution. A vertical microscope then receives the diffused light and an electronic trip camera follows the movement by photographing (on high speed film) the diffusion around each particle at fixed intervals. This technique eliminates the disturbances inherent in other measurement methods and makes it possible to count the particles directly while studying their motion as they disappear.

Using a laboratory model, researchers have developed a simulation of the process which occurs in nature. Both in the model and in the river, the distribution which occurs after three hours (a three-hour span equals a half-tide) is essentially the same as that which occurs after a two-day interval (the usual time for complete sedimentation to occur). In these experiments, scientists measure salinity, which is an important parameter in describing the behavior of suspensions. The variations in salt content found in the estuary can produce important and rapid transformations in the distribution of particles with respect to the amount of time the suspensions have been in the estuary.

Another of the 30-odd projects undertaken by CENTREAU is a study, under the direction of Professor Guy Rochon of the Photogrammetry Department at Laval University, which involves the analysis of telemetrical data taken by

the first American teledetection satellite. ERTS-1 (Earth Resources Technology Satellite) offers a viable complement to sediment studies. The satellite detects and photographically charts the concentrations of solids in suspension in a body of water. Professor Rochon has devoted considerable effort to treating these ERTS-1 images numerically and interpreting the information they contain through the use of a computer.

The utilization of a teledetection satellite to quantify the earth's resources will soon increase in importance since ERTS-3 is due to be launched in 1977. This new facility will be able to photograph in the thermal infrared (making possible the detection of significant heat points). Its cameras will also be able to take high-resolution photographs; this should resolve the problem of cloud formations which often hamper photography. Moreover, ERTS-3 will be able to distinguish objects as small as 80 m (262 ft.) wide on the ground. For now, ERTS-1 furnishes data necessary to detect limnological changes (that is, changes dealing with living organisms, both plant and animal, in fresh water). The data obtained are also used to determine the presence of sediments in waterways, as well as other important hydrological characteristics.

Sediments can adversely affect the stability of the channel, harbor installations, industrial and urban water supply intakes, recreational areas and the development of riverbank real estate. For this reason, these research projects are closely linked to the protection and optimization of those benefits which we extract from water, one of Canada's most abundant and productive natural resources. Researchers within CENTREAU are helping to increase our knowledge of this vital sector of the environment. □

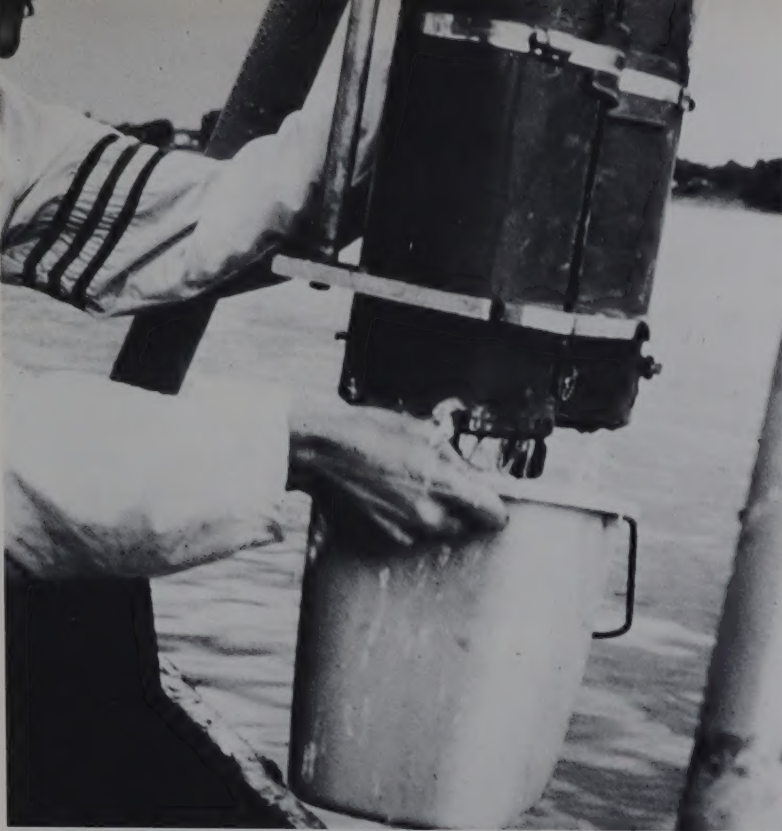
Diane Bisson

Mr. Jean-Louis Verrette of the Civil Engineering Department at Laval University, examines the dissemination cone on the sediment distribution apparatus attached to the estuary model.

M. Jean-Louis Verrette, du Département de génie civil de l'Université Laval, vérifie le cône de diffusion du distributeur de sédiments rattaché au modèle d'un estuaire.

Paul E. Lambert





Université Laval

This water sampler, lead-ballasted to withstand the strong St. Lawrence currents, is used by the CENTREAU team in their research.

Le prélèvement des échantillons est effectué grâce à cet hydrocapteur lesté de plomb, qui peut affronter les forts courants du Saint-Laurent.

système en général sont relativement peu connus; toutefois, les études de CENTREAU ont démontré l'importance des sédiments, particulièrement dans les processus de transport et d'élimination des polluants. L'analyse des sédiments a montré qu'il y a auto-épuration du milieu grâce à la capacité d'adsorption des éléments fins des sédiments. Cependant, la confluence de deux cours d'eau de caractéristiques différentes et la présence d'eaux saumâtres ou salées dans l'estuaire peut favoriser la désorption d'éléments préalablement adsorbés à la surface des sédiments. De plus, l'action des bactéries dans les zones de dépôt peut transformer biochimiquement les polluants inertes et les faire passer dans la chaîne alimentaire de l'écosystème. Il reste donc à établir les limites de ce mécanisme d'auto-épuration.

Afin d'élucider cette question tout en restant dans le cadre de la "Mission Saint-Laurent," le Dr Soucy étudie l'action de la salinité sur les suspensions présentes dans l'estuaire moyen du Saint-Laurent. On a choisi cette partie de l'estuaire car elle représente un écosystème particulièrement fragile. Région de transition entre l'eau douce et le milieu marin, l'estuaire est une zone de mélange intense où l'équilibre des associations biologiques et chimiques est instable. La présence d'un "bouchon de turbidité", assujéti aux variations cycliques de salinité du fleuve, caractérise cet estuaire. Il n'existe aucune technique simple permettant un échantillonnage représentatif d'un estuaire aussi vaste; il faut donc recourir à des méthodes indirectes et à des mesures partielles pour étudier un phénomène particulier. Pour vérifier la qualité des suspensions et examiner leur stabilité, des échantillons sont recueillis par pompage et stockés dans des bouteilles en polyéthylène pour des périodes pouvant aller jusqu'à plusieurs jours. Les plus grosses variations par rapport au milieu naturel proviennent des changements de température et de turbulence. Il en ressort que les suspensions tendent vers un nouvel équilibre lorsqu'elles sont soumises à un nouveau milieu; à cause du poids, une sédimentation des suspensions se produit, éliminant ainsi les grosses particules. Pour cette raison, l'échantillon est agité avant d'être examiné en laboratoire.

Trois techniques de mesure sont utilisées. La première, la microscopie électronique, permet de visualiser et de photographier des particules primaires isolées et en flocons. Le compteur Coulter, la deuxième méthode de mesure, peut

classer 4 000 particules par seconde en fonction de leur taille ou de leur volume. Ce compteur utilise les variations de résistance produites dans un circuit électrique lorsque les particules sont passées dans une très petite ouverture. Enfin, une méthode d'ultramicroscopie utilisant un laser à argon en radiation continue, d'une puissance totale de 4 à 5 watts, a été mise au point. Le laser sert de source lumineuse. Le faisceau laser doit passer à travers une lentille cylindrique de 150 mm (6 pouces) de diamètre. A sa sortie, ce faisceau est dirigé à travers une cellule optique, placée à distance focale, contenant la solution. Un microscope placé à la verticale reçoit la lumière diffusée et un système photographique à entraînement électrique de la pellicule permet de suivre la cinétique en photographiant à intervalle fixe, sur film rapide, la diffusion observée autour de chaque particule. Cette technique élimine les perturbations inhérentes aux autres mesures et permet au Dr Soucy de compter directement les particules et d'en étudier la cinétique de disparition.

Des expériences en laboratoire ont réussi à simuler l'évolution rapide qui semble se produire en nature. En trois heures, temps correspondant à une demie marée, la distribution ressemble déjà à la floculation complète qui sera obtenue deux jours après dans le fleuve. Au cours de ces expériences, les chercheurs mesurent la salinité, un paramètre important pour décrire le comportement des suspensions, puisque les variations de salinité rencontrées dans l'estuaire peuvent produire des transformations importantes et rapides dans les distributions des particules par rapport à la durée du séjour des suspensions dans l'estuaire.

Parmi les quelque trente projets de recherche entrepris par CENTREAU, celui du professeur Guy Rochon, du Département de photogrammétrie de l'université, comportant l'analyse des données télémétriques du premier satellite américain de télédétection ERTS-1 (Earth Resources Technology Satellite), est un complément valable aux études sédimentologiques. Le satellite peut mesurer en effet les concentrations de solides en suspension dans un cours d'eau. Jusqu'ici, le professeur Rochon a concentré la plus grande partie de ses efforts sur le traitement numérique et l'interprétation par ordinateur de l'information contenue dans les données transmises par ERTS-1.

Cette exploitation d'un satellite de détection des ressources terrestres sera bientôt privilégiée si l'on considère que le satellite ERTS-3, qui sera lancé en 1977, prendra des photos dans l'infrarouge thermique (permettant la détection des points d'échauffement significatifs).

La résolution des caméras sera aussi augmentée, ce qui réduira sans doute le problème représenté par la couverture nuageuse, couverture qui gêne parfois la prise de photos. De plus, ERTS-3 pourra distinguer des objets au sol de 80 m (262 pieds) de largeur. Pour le moment, ERTS-1 fournit les données nécessaires à la détection de changements limnologiques (changements affectant les organismes vivants, d'ordre végétal ou animal, dans l'eau douce). Les informations obtenues servent également à déterminer la présence de sédiments dans nos cours d'eau, ainsi que d'autres caractéristiques hydrologiques importantes.

Les sédiments représentent des problèmes importants pour la stabilité du chenal maritime, les installations portuaires, les prises d'eau d'approvisionnement industriel et urbain, les aires récréatives et l'aménagement des rives. C'est pourquoi ces différents projets de recherche sont étroitement liés à la protection et à l'optimisation des bénéfices tirés de l'eau, une des ressources naturelles les plus abondantes et les plus productives du Canada. Par leurs travaux les chercheurs de CENTREAU contribuent à l'accroissement des connaissances dans ce secteur vital de l'environnement. □

Diane Bisson

Waste oil — The second time around

Of the 188 million gallons (846 million liters) of oil sold each year in Canada, nearly 80 million gallons (360 million liters) will end up as waste oil. Its recovery and re-use would provide a viable approach to husbanding this important natural resource, essential to our way of life.

Industrial progress and many of the services Canadians take for granted are dependent on the use of petroleum, a non-renewable natural resource which is essential to our way of life. The magnitude of this dependency becomes clear in view of the myriad conveniences of modern-day living which directly or indirectly owe not only their existence but also their adequate performance to petroleum products. However, disposing of used lubricating oils presents a real and significant health and environmental problem.

Of the 188 million gallons (846 million liters) of lubricating oil sold each year in Canada (according to a 1972 survey), nearly 80 million gallons (360 million liters) will end up as waste oil, a black and turbid liquid which should be either re-refined and re-used or destroyed in an ecologically acceptable manner. Existing studies indicate that up to 79 million gallons (356 million liters) could be recovered (although only a small percentage actually is), a volume amounting to 3.6 gallons (16 liters) per person per year or 42 per cent of the total sold.

The recovery and re-use of waste oil from service stations, truck fleets, large industries, airports, small businesses, government agencies and farms, does provide a viable approach to husbanding this important natural resource. However, there are problems in collection, segregation, the various recovery processes, maintaining continuity of quality of re-refined or recycled products, product evaluations, economics, and disposal of by-products. Mr. Paul Strigner of the Fuels and Lubricants Laboratory at the National Research Council's Division of Mechanical Engineering has been working with the waste oil recovery industry, principally re-refineries, in the area of product evaluation, since 1966.

"Lubricating oil has changed appreciably with the times," notes Mr. Strigner. "In order to meet the demands of increasingly sophisticated engines and machinery, today's oil is blended with a variety of organic and metallo-organic additives, some containing elements such as barium, calcium, zinc, magnesium, phosphorus and chlorine. These additives protect against higher operating temperatures and increased bearing loads, while assuring longer operating life. For special applications even vegetable and animal fat additives are used. Along with the contaminants the oil has acquired through use, from the air and the machinery itself, these chemical and metallic compounds are hard to remove. They biodegrade slowly, if at all, bringing the danger of environmental pollution."

The problems begin when the oil is collected. Present methods have been described as primitive, non-selective and, for the most part, inadequate. Lack of segregation is one problem, since the oil may be randomly mixed with various contaminating liquid wastes from septic and holding tanks, thereby compounding the dangers of immediate disposal without treatment. Moreover, while pick-up from bulk storage tanks is usually free of charge for amounts in excess of 200 gallons (900 liters), small businesses which use drums to store waste oil must often pay a fee to have these carted away. This leads to uncontrolled dumping at thousands of sites throughout the country. Since non-segregated handling and storage systems result in heavy contamination from waste chemicals, solvents, fuels and water, effective collection is important in the recycling of waste oil. "There is a



The life history of a re-refined motor oil. From the top: virgin base oil; engine-tested and warranty-approved motor oil formulated from virgin oil and additives; used motor oil; base oil re-refined from used motor oil, using the acid treatment process, and motor oil (not engine-tested) formulated from re-refined base oil and an SD additive package.

L'histoire d'une huile régénérée pour automobiles. De haut en bas: une huile de base vierge; une huile pour automobiles ayant subi des essais sur moteurs, avec garantie homologuée et fabriquée à partir d'huile vierge et d'additifs; une huile usagée pour automobiles; une huile de base régénérée à partir d'huile usagée pour automobiles avec un traitement à l'acide sulfurique; et une huile pour automobiles non essayée sur moteurs et fabriquée à partir d'une huile de base régénérée et d'additifs SD.

glimmer of hope now that governments and the petroleum industry are putting both feet into the used oil puddle," notes Mr. Strigner.

Road oiling companies collect most of the used oil in Canada to be used as a dust palliative. In each application, 0.2 to 0.5 gallons per square yard (1.1 to 2.8 l/m²) are used, and one to four applications a year are required if this method of dust control is to be effective. However, this waste oil is not treated before use and according to one study, only one per

Du bon usage De l'huile usagée

Des 188 millions de gallons (846 millions de litres) d'huile de graissage vendus chaque année au Canada, 42% pourrait être récupéré et réutilisé. Ceci représente une excellente occasion de mieux exploiter cette richesse naturelle non renouvelable essentielle à notre mode de vie.

Le progrès industriel, ainsi que plusieurs services pris pour acquis par les Canadiens, est subordonné en grande partie à l'utilisation rationnelle du pétrole, richesse naturelle non renouvelable essentielle à notre mode de vie. Cette affirmation est l'évidence même si l'on considère que d'innombrables éléments de la vie moderne doivent non seulement leur existence aux sous-produits du pétrole mais en dépendent également pour leur bon fonctionnement. Cependant, lorsque vient le temps de se débarrasser des huiles usagées, celles-ci posent des problèmes importants du point de vue de la santé et de l'environnement.

Selon une étude faite en 1972, 188 millions de gallons (846 millions de litres) d'huile de graissage sont vendus chaque année au Canada; près de 80 millions de gallons (360 millions de litres) finissent par être rangés dans la catégorie "huile usagée", désignant un liquide noir et visqueux qui doit être raffiné, réutilisé ou détruit d'une manière écologiquement acceptable. Des études indiquent que 79 millions de gallons (356 millions de litres) pourraient être récupérés. Ce chiffre représente un volume annuel équivalent à 3.6 gallons (16 litres) par personne, soit 42% du total vendu.

La récupération et la réutilisation de l'huile usagée provenant des stations-service, des entreprises de camionnage, des grandes industries, des aéroports, des petits commerces, des agences gouvernementales et des fermes représentent une excellente occasion de mieux exploiter cette richesse naturelle importante. Cependant, la récupération, la sélection, les divers procédés de régénération, le maintien d'une qualité constante du produit régénéré ou recyclé, l'évaluation du produit, la rentabilité et l'élimination des produits dérivés posent chacun un problème particulier. M. Paul Strigner, du Laboratoire des combustibles et lubrifiants de la Division de génie mécanique du Conseil national de recherches du Canada, poursuit depuis 1966 l'évaluation du produit recyclé en collaboration avec l'industrie de récupération des huiles usagées et tout particulièrement avec les entreprises de recyclage.

"L'huile de graissage s'est transformée considérablement au cours des années", remarque M. Strigner. "En effet, on ajoute maintenant à l'huile divers additifs organiques et métallo-organiques contenant des éléments tels que du baryum, du calcium, du zinc, du magnésium, du phosphore et du chlore. Ces produits lui permettent de résister à des températures de fonctionnement plus élevées et à des charges accrues, tout en lui assurant une plus grande longévité. Dans le cas de certaines applications spéciales, on a même recours à l'addition de graisses animales et végétales. En plus des polluants résultant de l'utilisation de l'huile au contact de l'air et des machines elles-mêmes, ces composés chimiques et métalliques sont difficiles à éliminer. Lorsqu'ils sont sujets à la biodégradation, celle-ci est lente et entraîne de graves dangers de pollution."

On fait face au premier problème au moment même de la récupération. Les méthodes courantes sont pour la plupart primitives, insuffisantes et non sélectives. Le manque d'isolement pose un grave problème puisque l'huile peut être mélangée au hasard avec divers liquides résiduels provenant de fosses septiques et de réservoirs, ce qui augmente les dangers de pollution lorsqu'elle est mise au rebut sans traite-



A comparison of appearance and color of re-refined base oils (acid treated, bottom, and vacuum distilled/hydrotreated, second from bottom) with refined virgin oil (top) and used motor oil (second from top).

On compare ici l'apparence et la couleur de l'huile de base régénérée (par traitement à l'acide sulfurique, en bas, et distillation sous vide suivie d'une hydrorégénération, en bas, au centre) avec l'huile vierge raffinée (en haut) et l'huile usagée pour automobiles (en haut, au centre).

ment. En outre, quoique certaines entreprises recueillent gratuitement l'huile usagée en volumes excédant 200 gallons (900 litres), les petits commerçants qui l'emmagasinent dans des barils doivent souvent payer pour s'en débarrasser. Pour cette raison, l'huile usagée est trop souvent déversée n'importe où et sans discernement. Un procédé de récupération efficace est la condition fondamentale du succès d'un programme de recyclage puisque la manutention et l'emmagasinement sans discrimination produisent une forte contamination en provenance de produits chimiques usagés, de solvants, de combustibles et d'eaux résiduels. M. Strigner entrevoit une lueur d'espoir "maintenant que les gouvernements et l'industrie pétrolière entrent de plein pied dans la flaque d'huile usagée."

L'huile usagée est recouverte en majeure partie par les entreprises de huilage des routes. Un contrôle efficace de la poussière requiert entre une et quatre applications par an; chaque application couvre une verge carrée de 0.2 à 0.5 gallons d'huile (1.1 à 2.8 litres par mètre carré). Malheureusement, cette huile n'est pas traitée au préalable et d'après une étude récente, à peine 1% reste sur la route pour retenir la poussière; une partie du reste s'écoule vers les terres en

cent remains on the roads as a dust suppressant; some of the remainder finds its way into the fields and waterways which border dusty country roads, and eventually into our foods through livestock and crops. Studies have shown that dust transportation and run-off account for nearly 70 per cent of this waste oil, while 30 per cent is lost through evaporation, adhesion to vehicles and biodegradation. Moreover, vegetation in adjacent fields has been found to be high in metallic compounds.

Mr. Don J. Skinner, program engineer for Environment Canada's Petroleum and Industrial Organic Chemical Division, has worked closely with Mr. Strigner on this problem. He offers certain alternatives to waste oil for this application. Calcium chloride is an excellent, if somewhat expensive and corrosive, dust palliative. Oil refineries also produce a topping to be sprayed on dirt roads but this could contain complex hydrocarbons called polynuclear aromatics (PNA's), believed to cause cancer. Pulp and paper mills also produce a biodegradable black liquor waste, which is currently being burned. Laboratory tests indicate that this black liquor waste could effectively minimize those annoying dust clouds, making it an attractive alternative.

Alternatives must also be found to another method of waste oil disposal: indiscriminate burning, which can lead to serious pollution hazards. This burning releases into the air non-combustible compounds such as micron and sub-micron (easily inhalable) sized metallic oxides with high contents of lead, phosphorus and calcium, as well as PNA's.

Another means of disposing of waste oil is gaining acceptance: five to six million gallons (22.5 to 27 million liters) are refined yearly in Canada. The used oil usually undergoes a process of dehydration and predistillation. This involves heating the product to 525 – 550°F (275 – 288°C) in the case of diesel oil and 600 – 625°F (316 – 330°C) in the case of automotive oil. This distills off the water, gasoline and solvents and thermally degrades some of the additives. The oil is then treated with sulfuric acid, which removes resins, unsaturated hydrocarbons, some original additives and most metals, in the form of acid sludge; this sludge is used as landfill, a problematic solution from an environmental point of view, since the long-term effects of such disposal are unknown.

Following the acid treatment, the oil is treated with clay; four to five pounds (1.8 to 2.3 kg) of clay are used for every 100 pounds (45 kg) of used oil. The mixture is heated to 500 – 600°F (262 – 316°C) and stripped with superheated steam to remove unstable compounds and particulate matter. The process gives the oil its desired color and odor.

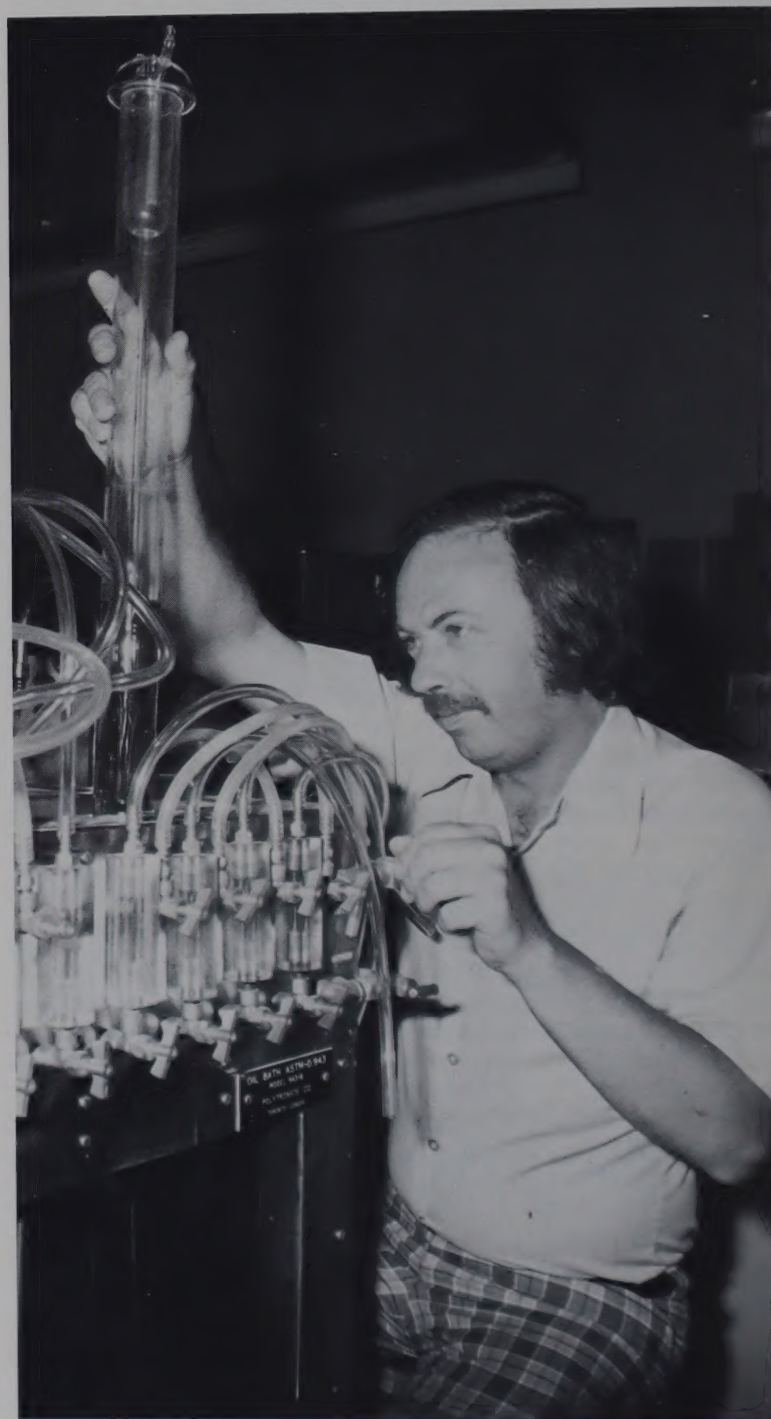
In 1974, one of the re-refiners, Turbo Refineries, Edmonton, received a grant under NRC's Industrial Research Assistance Program (IRAP) to seek an alternative process which avoids acid treatment. Laboratory work under the direction of Dr. D. Cameron of Turbo is centered principally on a vacuum distillation/hydro-treating process, although pretreatments and other post-treatments around the vacuum distillation are being tried. Work is now being undertaken on the pilot-plant scale level under an Industry, Trade and Commerce grant. Experimental oils recovered from the Turbo work are evaluated in the Fuels and Lubricants Laboratory especially for oxidation stability.

Each of these treating processes produces in turn treatment wastes which must be handled in a non-polluting manner. The sole exception seems to be the cement kiln. Environment Canada and the Ministry of Environment of Ontario, have co-sponsored a burn in a dry kiln, in cooperation with the Ontario Research Foundation and the St. Lawrence Cement Co., with interesting results. The kiln acts as a natural dry lime scrubber; the cement absorbs 95 per cent of the sulphur and up to 90 per cent of the lead and zinc. Moreover,

such contaminants as metals, ash and impurities are trapped in a form which is non-hazardous and useful. Cement kilns are located in most population centers across Canada and could thus provide local disposal sites. This process is economically superior to other disposal methods studied to date in that it requires no adjustment to the kiln, may reduce natural fuel consumption by up to 35 per cent and involves no deterioration in the properties of the cement. It is interesting to note that the alkalinity of the end-product, and thus the possibility of swelling during construction, is actually decreased.

Natural resources have become finite and precious. The waste of these irreplaceable resources in a manner that is further poisoning the environment has become an area of concern which this research can help to elucidate. □

Diane Bisson



Mr. G. Burton, Technical Officer, removes a cell from the bath section. **M. G. Burton, technicien, retire** une cellule d'huile du bain.

culture, les pâturages et les cours d'eau aux abords des routes, pour éventuellement se retrouver dans nos aliments par l'intermédiaire des animaux de boucherie et des récoltes. Des études ont démontré que 70% de cette huile usagée est transportée sous forme de poussières ou s'écoule à l'occasion des pluies. Une perte additionnelle de 30% est attribuable à l'évaporation, à l'adhérence aux véhicules ainsi qu'à la biodégradation. De plus, on remarque que la végétation des champs avoisinants est riche en composés métalliques.

M. Don Skinner, ingénieur de programme à la Division des produits chimiques organiques (pétroliers et industriels) d'Environnement Canada, a travaillé en collaboration avec M. Strigner à la solution de ce problème. Il suggère une alternative à l'utilisation des huiles usagées pour cette application. Le chlorure de calcium est un excellent palliatif de la poussière même s'il est dispendieux et corrosif. Par ailleurs, les raffineries d'huile ont mis au point un produit qui peut être vaporisé sur les routes non asphaltées; cependant, ce produit pourrait contenir des hydrocarbures polynucléaires appelées aromatiques polycycliques (PNA), que l'on croit être cancérigènes. Les usines de pâtes et papiers produisent également un déchet qui est présentement brûlé. D'après des essais en laboratoire, ce liquide noir pourrait efficacement minimiser la poussière, ce qui en ferait une alternative intéressante.

On doit également trouver une alternative à une autre façon de disposer des huiles usagées, la combustion, une méthode insatisfaisante et dangereuse puisque l'huile usagée est tout simplement répandue dans l'environnement. La combustion libère dans l'air des composés non combustibles, par exemple des oxydes métalliques microscopiques qui peuvent être inhalés facilement. Ces particules contiennent en outre un taux considérable de fer, de phosphore, de calcium et d'aromatiques polycycliques.

On se défait également de l'huile usagée d'une autre façon qui devient de plus en plus populaire; entre cinq et six millions de gallons (22.5 et 27 millions de litres) sont régénérés et réutilisés chaque année au Canada. Ce procédé comporte une anhydriation et une prédistillation de l'huile usagée. A cette fin, celle-ci est chauffée à une température de 525–550°F. (275–288°C.) dans le cas d'huile diesel et de 600–625°F. (316–330°C.) dans le cas d'huile pour automobiles. Cette méthode extrait l'eau, l'essence et les solvants; elle sert aussi à décomposer certains additifs. L'huile est ensuite mise en contact avec de l'acide sulfurique qui élimine les résines, les hydrocarbures insaturés, certains additifs et la majorité des métaux, sous forme de boues acides qui sont ensuite utilisées comme remblai, une solution aléatoire puisque l'on ne connaît pas les effets à long terme d'une telle pratique sur l'environnement.

L'huile est ensuite mélangée avec de la glaise (on utilise de 4 à 5 livres (1.8 à 2.3 kg) de glaise pour 100 livres (45 kg) d'huile usagée) et chauffée à une température de 500 – 600°F. (262–316°C.) pour éliminer, à l'aide de vapeur surchauffée, les composés instables et les matières particulaires. Ce procédé donne à l'huile la couleur et l'odeur recherchées.

A l'aide d'une subvention du Programme d'aide à la recherche industrielle (PARI) du CNRC qui lui a été accordée en 1974, une entreprise de recyclage d'huile usagée, Turbo Refineries d'Edmonton, Alberta, étudie présentement un procédé qui n'utilise aucun acide. Le travail en laboratoire, sous la direction du Dr D. Cameron, de Turbo Refineries, mise sur un procédé qui utilise uniquement une distillation sous vide et un traitement d'hydrogénation; divers traitements avant et après la distillation sous vide intéressent aussi les chercheurs. On étudie actuellement la réalisation d'une usine pilote grâce à un octroi du ministère fédéral de l'Industrie et du Commerce. Les huiles expérimentales obtenues par Turbo Refineries sont ensuite évaluées au Laboratoire des combusti-

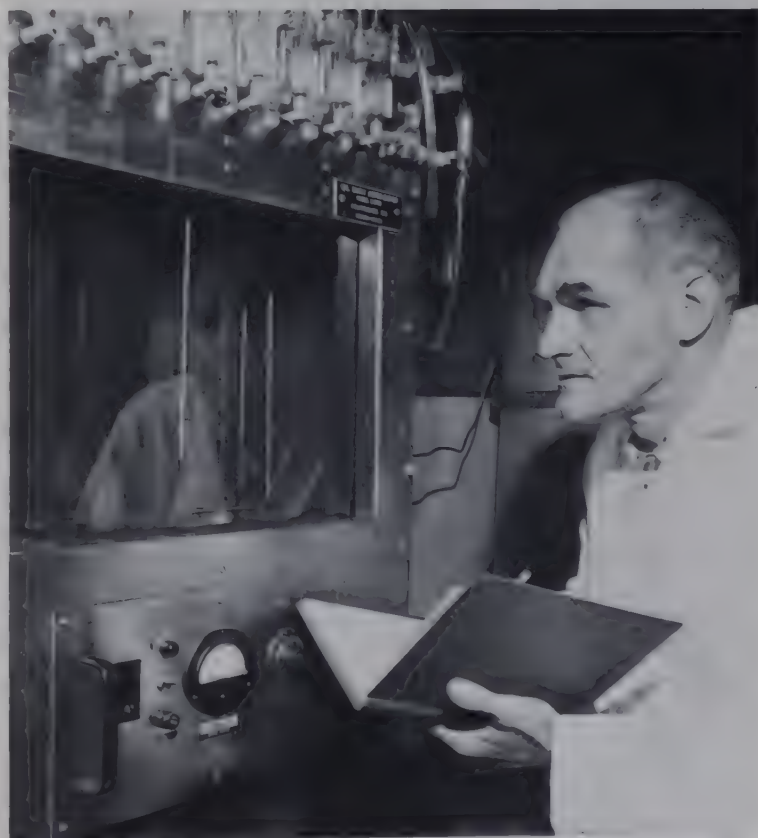
bles et lubrifiants du CNRC afin de vérifier, entre autres, la stabilité de l'oxydation.

Chacun de ces procédés produit à son tour des déchets qui doivent être éliminés sans porter atteinte à l'environnement. Un seul procédé constitue une exception à la règle: la combustion dans des fours à ciment. Un essai de combustion à sec, dans un four à ciment de la St. Lawrence Cement Co., a été subventionné par Environnement Canada et le Ministère de l'environnement de l'Ontario en collaboration avec l'Ontario Research Foundation; les résultats obtenus sont des plus intéressants. Grâce à ce procédé, le ciment absorbe 95% du soufre et jusqu'à 90% du plomb et du zinc. De plus, les polluants tels que les métaux, les cendres et les autres impuretés sont piégés dans un produit utile qui ne présente aucun danger pour l'environnement. On trouve ces fours à ciment dans la plupart des grands centres canadiens, et ce procédé offre ainsi une capacité locale de disposer des huiles usagées, en plus de s'avérer le plus économique de tous ceux étudiés jusqu'à ce jour.

Il ne requiert aucun réglage du four, peut réduire la consommation de combustible naturel de 35% et n'implique aucune détérioration des propriétés du ciment. Fait saillant, l'alcalinité du ciment produit est réduite, ce qui diminue les possibilités de gonflement en cours de construction.

Les richesses naturelles sont désormais limitées et précieuses. Le gaspillage de ces richesses irremplaçables qui, de plus, est un facteur de pollution de l'environnement constitue un problème prioritaire à l'élucidation duquel ces diverses recherches pourraient contribuer. □

Diane Bisson



Mr. Paul Strigner, Associate Research Officer at NRC, examines oil cells in the bath section of the U.S. Energy Research Centre apparatus for testing the oxidation stability of re-refined oil.

M. Paul Strigner, chargé de recherches associé au CNRC, examine des cellules d'huile immergées dans le bain d'un appareil de l'U.S. Energy Research Centre servant à tester la stabilité de l'oxydation de l'huile régénérée.

Building a gene that works — Biological control switch

An "operator" gene that controls the expression of genetic information in the bacterium *Escherichia coli* has been synthesized by a group of researchers at NRC's Division of Biological Sciences. This is the first time a synthetic gene has been constructed which exhibits the biological activity of the natural product.

The cells of plants, animals and bacteria are highly sophisticated chemical factories where molecules are built up and broken down in a tightly organized, integrated fashion. Understandably, this kind of system requires a sensitive set of controls, since even distantly related cellular processes affect one another.

The plans and operational procedures for these living factories are contained in special "information" molecules called deoxyribonucleic acid (DNA) found in the central nucleus of normal cells. This information, known as the genetic code, is embodied in the linear arrangement of nitrogenous base building blocks that make up these long-chain molecules.

The unusual thing about DNA is that it is actually two linear molecules which coil around each other in a very specific fashion to form a double helix. The four nitrogenous bases (nucleotides) along these linear strands code for everything in nature, from the shape of the cones on top of giant redwood trees to the claw length of tiny marine shellfish.

When the code is "expressed" or transcribed, the DNA base sequence is used to build a template (called ribonucleic acid, or RNA) for linking up amino acids to form proteins, another kind of linear molecule. From proteins, all the cellular structures and processes follow; (enzymes, the mediators of the cell's chemical reactions, are proteins).

Although scientists have broken the genetic code and know the relationship between the nucleotide sequence of DNA and the amino acid sequence of proteins, they are only now beginning to understand how this flow of information is controlled in the cell. Without some means of regulating this "gene expression", of turning genes off and on in a regular, predetermined manner during cell growth and division, life would not be possible.

At NRC's Division of Biological Sciences, Dr. Saran Narang has taken a long step towards understanding this complex process by synthesizing a key part of one of these control systems found in the bacterium *Escherichia coli*. Called an "operator" gene, the synthetic product has been shown not only to have the same structure as the natural gene, but also to exhibit the same sort of biochemical behavior (that is, the same "biological activity"). The success of this work marks the first time that a biologically-active gene has been chemically synthesized from its constituent base molecules.

"The operator gene, whose 21-nucleotide sequence was determined by Drs. W. Gilbert and A. Maxam of Harvard University, makes up part of the *E. coli* DNA called the lactose operon, or simply the *lac* operon," says Dr. Narang. "This is a linear series of genes proposed to explain how the bacterium, when placed on a nutrient medium containing the sugar lactose rather than its normal carbon source glucose, responds by synthesizing an enzyme which enables it to utilize the new sugar."

The operon consists of a DNA sequence which acts as a regulator, or control system, followed by a region that codes for the enzyme structure. The operator gene is a part of this regulatory system, and though complex, basically it involves a "repressor" protein which sits on the operator, thus preventing transcription of the structural genes that follow it on the DNA sequence. Enzyme production is therefore prevented.

The best way to view it is to think of the operon as a zipper, where the rows of parallel teeth correspond to the two chains of complementary bases that make up the DNA dou-



California Institute of Technology

The operator gene that forms part of the *lac* operon of the bacterium *Escherichia coli* is shown in relation to the three subunits that make up the repressor protein. By attaching itself to this operator sequence of the DNA, the protein prevents the expression of structural genes further along the double helix.

Le gène opérateur qui constitue une partie de l'opéron *lac* de la bactérie *Escherichia coli* est comparé aux trois sous-unités formant le répresseur (protéine). En se fixant à l'opérateur de cette séquence de l'ADN, la protéine empêche l'expression des gènes de structure qui la suivent sur la double hélice.

ble helix. If the slide fastener is impeded by an object on the teeth surface, the zipper cannot be opened. Similarly, if the repressor protein sits on the operator, the structural gene cannot be "unzipped" for transcription.

What happens to enable the bacterium to get around this repressor system when presented with lactose?

"It is the sugar itself that 'frees' the structural gene," says Dr. Narang. "Lactose releases the repressor protein from the operator gene, thus permitting the expression of the gene for the enzyme further down the double helix. This in turn allows the bacterium to utilize the lactose."

This kind of arrangement, in which a base sequence (the operator) is "recognized" by a specific protein which can complex to it, may be the basis for the control of all genetic expression. In fact, Dr. Narang believes that the next step in the field will be the unravelling of a generalized code that applies to all cases of protein-DNA recognition.

"Consider the feat involved here," says Dr. Narang. "Out of a possible six million nucleotides in the *E. coli* genome (all of its genetic material), the repressor protein binds specifically to a 21-nucleotide sequence. What is it about this system that is so unique? To understand this, we must have some idea of the three-dimensional structure of the protein-DNA complex."

Contrôle génétique

Avec le gène synthétique

Un groupe de chercheurs du CNRC est parvenu à synthétiser un gène "opérateur" qui contrôle l'expression de l'information génétique chez la bactérie *Escherichia coli*. C'est la première fois que l'on réussit à construire un gène synthétique ayant la même activité biologique que le gène naturel.

Les cellules des plantes, des animaux et des bactéries sont des usines chimiques extrêmement complexes où les molécules sont montées et démontées selon un processus minutieusement organisé et intégré. On comprendra qu'un système de ce type exige un ensemble de dispositifs régulateurs très sensibles étant donné que même les processus cellulaires n'ayant qu'un très lointain rapport entre eux ont une influence les uns sur les autres.

Les plans et processus d'exploitation de ces usines vivantes sont contenus dans des molécules spéciales d'"information", appelées acide désoxyribonucléique (ADN), occupant le noyau central des cellules normales. Cette information, que l'on appelle code génétique, est contenue dans l'assemblage linéaire des blocs de construction à base azotée qui constituent ces molécules à longues chaînes.

Ce qui est inhabituel chez l'ADN c'est qu'il est en fait constitué de deux molécules linéaires s'enroulant l'une autour de l'autre d'une manière très spécifique pour former une double hélice. Les quatre bases azotées (nucléotides) qui se trouvent le long de ces brins linéaires codent pour tout ce qui vit, de la forme des cônes du sommet des Sequoias à la longueur de la pince des petits crustacés marins.

Lorsque le code est "exprimé" ou transcrit, la séquence de base de l'ADN est utilisée pour construire un modèle (acide ribonucléique ou ARN) pour lier entre eux les acides aminés qui formeront des protéines, c'est-à-dire un autre type de molécules linéaires. Toutes les autres structures et tous les processus cellulaires découlent des protéines (les enzymes, médiateurs des réactions chimiques de la cellule, sont des protéines).

Bien que les chercheurs aient déchiffré le code génétique et connaissent le rapport existant entre la séquence des nucléotides de l'ADN et la séquence des acides aminés des protéines, ils commencent tout juste à comprendre comment ce flot d'information est contrôlé au sein de la cellule. S'il n'existait aucun moyen de contrôler cette "expression génétique", de mettre les gènes hors et en circuit d'une façon régulière et prédéterminée au cours de la croissance et de la division cellulaire, la vie serait impossible.

A la Division des sciences biologiques du CNRC, le Dr Saran Narang a franchi un grand pas vers la compréhension de ce processus complexe en synthétisant un élément clef de l'un de ces systèmes de contrôle que l'on trouve chez la bactérie *Escherichia coli*. Appelé gène régulateur, on a montré que le produit synthétique a non seulement la même structure que le gène naturel mais qu'il a également le même comportement biochimique, c'est-à-dire la même "activité biologique". Avec le succès de ces travaux, c'est la première fois qu'un gène biologiquement actif a pu être synthétisé chimiquement à partir de ses nucléotides constitutifs.

Écoutons le Dr Narang: "Le gène opérateur dont la séquence de 21 nucléotides a été déterminée par le Dr W. Gilbert et le Dr A. Maxam, de l'Université Harvard, fait partie de l'ADN de *E. coli* appelé opéron lactose, ou tout simplement opéron *lac*. Il s'agit d'une série linéaire de gènes proposés pour expliquer comment la bactérie réagit en synthétisant un enzyme grâce auquel elle peut utiliser le nouveau sucre lorsqu'on la place sur un milieu nutritif contenant du lactose plutôt que du glucose qui est sa source normale de carbone."

L'opéron est constitué d'une séquence d'ADN qui fait fonction de régulateur, ou de mécanisme de régulation, suivie par une zone qui code pour la structure enzymatique. Le



Dr. Saran Narang examines the high voltage electrophoresis apparatus used to analyze the nucleotide sequence of the synthetic polynucleotides.

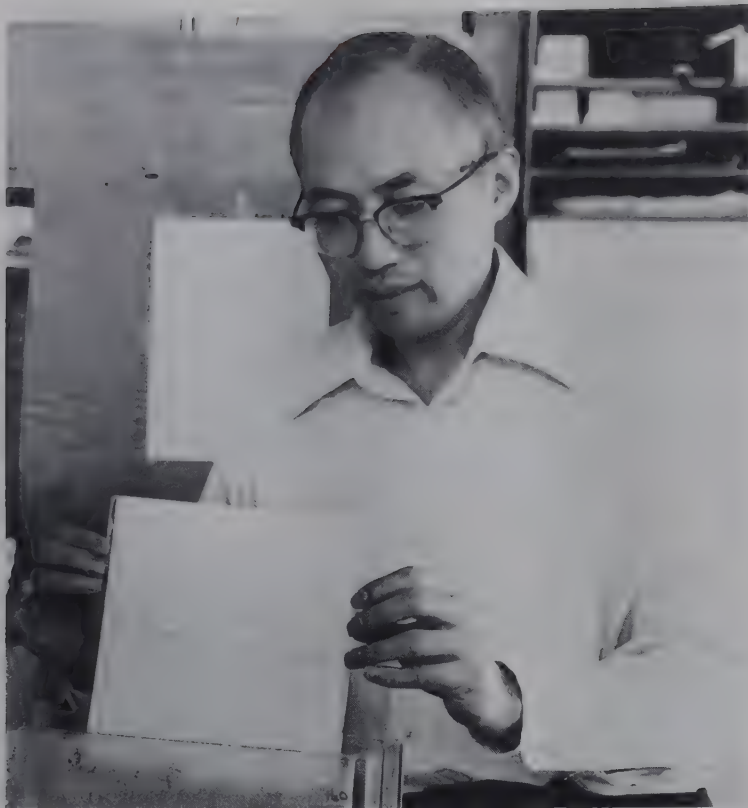
Le Dr Saran Narang examine l'appareil d'électrophorèse à haute tension utilisé dans l'analyse de la séquence nucléotidique des polynucléotides synthétiques.

gène opérateur constitue une partie de ce mécanisme de régulation et, malgré sa complexité, on peut résumer en disant qu'il implique un "répresseur" (protéine) qui s'accroche à l'opérateur et empêche ainsi la transcription des gènes structuraux qui le suivent sur la séquence de l'ADN. La production d'enzymes est par conséquent rendue impossible.

La meilleure façon de se représenter l'opéron est de le comparer à une fermeture éclair où la rangée de dents parallèles correspond aux deux chaînes de bases complémentaires constituant la double hélice d'ADN. Si le curseur de cette fermeture éclair est entravé par un objet se trouvant à la surface des dents, la fermeture éclair ne peut pas être ouverte. D'une manière similaire, si la protéine "répresseur" se fixe sur le gène opérateur, le gène de structure ne peut pas être "déboutonné" pour la transcription.

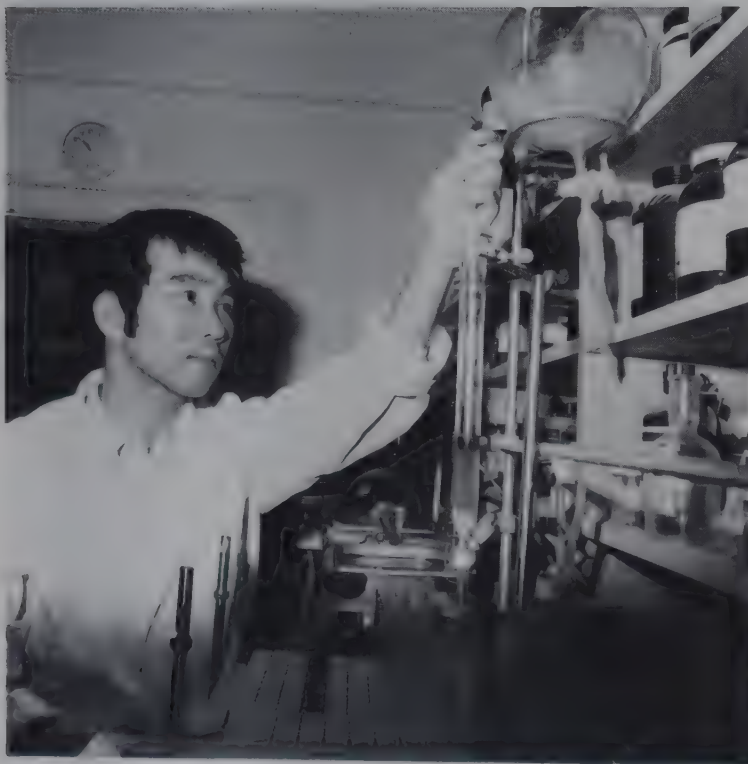
Comment la bactérie parvient-elle alors à contourner ce mécanisme répresseur lorsqu'elle est mise en présence du lactose?

Le Dr Narang nous répond: "C'est le sucre lui-même qui libère le gène de structure. Le lactose libère le répresseur



Dr. Ray Wu determines the nucleotide sequence of the synthetic operator gene by a procedure that involves breaking the molecule down to its constituent nucleotides.

Le Dr Ray Wu détermine la séquence nucléotidique du gène opérateur synthétique par une technique impliquant la décomposition de la molécule en ses nucléotides constitutifs.



Dr. Toyoharu Hozumi loads a column of silica gel for the purification of synthetic polynucleotides. The fraction collector below the column is used to partition the effluent as it leaves the silica gel bed.

Le Dr Toyoharu Hozumi charge une colonne de gel de silice pour purifier des polynucléotides synthétiques. Le collecteur de fractions au-dessous de la colonne sert à séparer l'effluent à sa sortie du lit de gel de silice.

To study the nature of the complex, it is first necessary to have sufficient amounts of the two components, and though it has been possible to acquire enough of the repressor by tricking the bacterium into large-scale production of the protein, significant amounts of the operator gene have not been available.

However, Dr. Narang's synthetic work has changed all that. "Now we can produce the operator gene by chemical means rather than by isolation of the natural material," he says, "and it can be done in a much shorter time than with earlier techniques."

To construct the complete operator sequence, Dr. Narang and his co-workers, Drs. Keichi Itakura and Nobuya Katagiri, synthesized each complementary strand of the molecule in isolation, and simply combined them to get the finished product. The double helix forms spontaneously.

One interesting feature of the gene, one that it shares with others of the same activity, is its "reverse symmetry". In other words, one nucleotide sequence is the reverse of the other.

"This feature may be a requirement in the recognition process," speculates Dr. Narang. "And it might be the lead we are looking for."

To test the synthetic gene, the NRC scientists have been cooperating with the Department of Biochemistry at Cornell University in Ithaca, New York. A group led by Professor Ray Wu has "dismantled" samples of the gene to show that it has the right nucleotide sequence, and Dr. Chander P. Bahl, a co-worker of Dr. Wu, demonstrated that it had the operator's biological activity. This last test involves showing that the synthetic product forms a specific complex with the repressor protein, one that can be dissociated by lactose.

What does the future hold for research in this area?

"At present, work is being done to crystallize the complex so that it can be studied by X-ray crystallography," says Dr. Narang. "This will give us a clear idea of how the protein lines itself up with respect to the DNA double helix."

Another approach involves substituting one of the nucleotides of the gene with an analogue, a molecule that performs the same function in the helix but has chemical differences. These differences are utilized to form covalent links between the repressor protein and the gene at the complexing site, whereupon the other regions of the two molecules are removed with enzymes. This method, which Dr. Narang and his colleagues at Cornell University are now working on, should show how the amino acids of the protein are lined up with the individual nucleotides of the gene.

Dr. Narang adds that his co-workers at Cornell University also produce the complete operator gene by a combination of chemical and enzymic methods. "We synthesize short segments of the gene by chemical means," he explains, "and then connect them together in the proper sequence with DNA ligase, an enzyme that joins strands of DNA. Or we can extend these segments to various lengths by tacking base units onto the ends using another enzyme, DNA polymerase."

What these chemical techniques allow Dr. Narang to do is determine what parts of the nucleotide sequence are necessary to making the operator functional. It may be that the repressor protein only recognizes a part of the sequence.

Working with the *E. coli* genome has given Dr. Narang and his group a solid grounding for tackling more complex systems such as those found in higher cells.

"If we can gain an understanding of the nature of these genetic switches, how they are turned off and on, then it may be possible to explain what happens when the system operates improperly," he says. "Cancer may eventually be understood in these terms, since cancerous cells behave as if some part of the control system has broken down." □

Wayne Campbell

(protéine) du gène opérateur, permettant ainsi au gène de l'enzyme suivant immédiatement l'opérateur sur la double hélice de s'exprimer et, de ce fait, à la bactérie d'utiliser le lactose."

Il se peut que ce type de dispositif dans lequel une séquence de base (gène opérateur) est "reconnue" par une protéine spécifique pouvant se conjuguer avec elle soit à la base du contrôle de l'ensemble de l'expression génétique. En fait, le Dr Narang pense que la prochaine étape dans ce domaine sera la mise en lumière d'un code généralisé s'appliquant à tous les cas de reconnaissance ADN-protéines et le Dr Narang d'ajouter: "Imaginez l'exploit que cela représente: parmi les 6 millions de nucléotides que le génome *E. coli* peut contenir (l'ensemble de son matériel génétique), la protéine "répresseur" s'accroche spécifiquement à une séquence de 21 nucléotides. Qu'y a-t-il de si exceptionnel dans ce mécanisme? Pour le comprendre, nous devons nous faire une idée de la structure tridimensionnelle du complexe protéine-ADN."

Pour étudier la nature de ce complexe il est d'abord nécessaire de disposer d'une quantité suffisante des deux éléments constitutifs et si l'on y est parvenu pour le répresseur en forçant la bactérie à produire cette protéine à grande échelle, on a échoué jusqu'alors dans le cas du gène opérateur.

Les travaux de synthèse du Dr Narang ont toutefois changé tout cela car, dit-il: "Nous pouvons maintenant fabriquer le gène opérateur en utilisant des moyens chimiques plutôt qu'en isolant le matériau naturel et beaucoup plus rapidement qu'avec les techniques antérieures."

Pour construire la totalité de la séquence de l'opérateur, le Dr Narang et ses collaborateurs, le Dr Keichi Itakura et le Dr Nobuya Katagiri ont synthétisé chaque brin complémentaire de la molécule isolément et les ont simplement combi-

nés pour obtenir le produit fini. La double hélice se forme spontanément.

Une des caractéristiques importantes du gène, caractéristique qu'il partage avec les autres gènes ayant la même activité, est sa "symétrie inversée" autrement dit, une séquence nucléotidique est l'inverse de l'autre tout comme dans le palindrome "élu par cette crapule" (qui se lit dans les deux sens).

Le Dr Narang émet l'hypothèse que: "Cette caractéristique est peut-être indispensable au processus de reconnaissance et c'est peut-être là l'indice que nous cherchons."

Pour tester le gène synthétique, les chercheurs du CNRC ont travaillé en collaboration avec le Département de biochimie de l'Université Cornell, à Ithaca, dans l'état de New York. Un groupe de chercheurs travaillant sous la direction du professeur Ray Wu a "démonté" des échantillons du gène pour montrer qu'il a la bonne séquence nucléotidique et le Dr Chander P. Bahl, l'un des collaborateurs du Dr Wu, a démontré qu'il avait l'activité biologique de l'opérateur. Pour ce dernier test il faut montrer que le produit synthétique forme un complexe spécifique avec la protéine "répresseur", complexe qui peut être dissocié par le lactose.

Quelles perspectives les recherches dans ce domaine offrent-elles?

"Nous travaillons actuellement à la cristallisation du complexe de façon à pouvoir l'étudier au moyen de la cristallographie aux rayons X. Cela nous permettra de comprendre comment la protéine s'aligne par rapport à la double hélice d'ADN", nous a précisé le Dr Narang.

Une autre approche consiste à substituer un analogue à l'un des nucléotides du gène, c'est-à-dire une molécule qui remplit les mêmes fonctions dans l'hélice mais qui présente des différences chimiques. Ces différences sont utilisées pour former des liaisons covalentes entre la protéine "répresseur" et le gène au site de conjugaison, après quoi les autres régions des deux molécules sont retirées au moyen d'enzymes. Cette méthode, sur laquelle le Dr Narang et ses collègues de l'Université Cornell travaillent actuellement devrait montrer comment les acides aminés de la protéine sont alignés avec chaque nucléotide du gène.

Le Dr Narang ajoute que ses collègues de l'Université Cornell fabriquent également le gène opérateur complet en combinant des méthodes chimiques et enzymatiques. Il précise: "Nous synthétisons de courts segments du gène au moyen de méthodes chimiques puis nous les relierons ensemble selon la séquence convenable avec de la ligase d'ADN qui est un enzyme assurant la liaison des brins d'ADN. Nous pouvons également prolonger ces segments jusqu'à différentes longueurs en fixant l'unité de base aux extrémités à l'aide d'un autre enzyme, la polymérase d'ADN."

Ce que ces techniques chimiques permettent au Dr Narang de faire c'est de déterminer quelles sont les parties de la séquence nucléotidique qui sont indispensables au bon fonctionnement de l'opérateur. Il se peut que la protéine "répresseur" ne reconnaisse qu'une partie de la séquence.

En travaillant avec le génome *E. coli*, le Dr Narang et ses collaborateurs ont acquis une solide expérience leur permettant de s'attaquer à des systèmes plus complexes comme ceux que l'on rencontre chez les cellules supérieures et notamment chez les cellules humaines.

Et le Dr Narang de conclure: "Si nous parvenons à comprendre la nature de ces mécanismes génétiques, ce qui les déclenche et les interrompt, nous pourrions peut-être expliquer ce qui se produit lorsqu'ils fonctionnent mal. Là réside peut-être l'explication du cancer puisque les cellules cancéreuses se conduisent comme si une partie du système de contrôle était tombé en panne." □

Texte français: Claude Devismes



Dr. Chander Bahl carries out the assay procedure to determine the binding properties of the synthetic operator gene. The assay depends upon the intact gene's ability to complex specifically with the repressor protein.

Le Dr Chander Bahl procède au test qui déterminera les propriétés de liaison du gène opérateur synthétique. L'expérience est tributaire de l'aptitude du gène intact à se conjuguer spécifiquement avec la protéine "répresseur".

Wind-up of International Biological Program — Logging nature's ways

The International Biological Program (IBP), a venture in scientific cooperation of unprecedented scope, was a world-wide energy watch with biologists from 58 countries measuring the fate of the solar radiation captured by the biosphere.

The fragile character of the Arctic tundra, the oceans, the tropical rain forest and other apparently indestructible wonders of nature, has become obvious to humankind in recent years. Some people attribute this new "ecological consciousness" to the spaceship's-eye view of this planet obtained from photographs taken by the first orbiting artificial satellites.

Scientists, however, were concerned before that. During the 1950's, biologists became concerned that the knowledge they possessed was inadequate to deal, for example, with the threat of mutations that arose during the atomic weapons-testing period. Despite such advances as the "green revolution", which increased grain yields substantially, the ultimate productivity of nature and the effect of human intervention remain poorly understood in ecological terms.

As a result, several international scientific organizations called on their parent body, the International Council of Scientific Unions (ICSU), to mount a world-wide attack on these gaps in knowledge. In 1964, ICSU formed a Special Committee for the International Biological Program (IBP) and the following year it agreed to sponsor "an International Biological Program entitled 'The Biological Basis of Productivity and Human Welfare' — a world-wide study of (a) organic produc-

tion on the land, in fresh waters, and in the seas, and the potentialities and uses of new as well as existing natural resources; and (b) human adaptability to changing conditions."

The Program was to be spread over a decade, with three years for planning, five for execution of projects, and a concluding two-year period of analysis and integration of the accumulated data. Fifty-eight nations agreed to participate, and IBP consisted of over 1,000 projects throughout the world.

The National Research Council of Canada, the Canadian adherent of ICSU, agreed to participate in the program and established a committee for IBP in 1964. Dr. T.W.M. Cameron of McGill University served as chairman and Dr. W.H. Cook of NRC served as Director-General throughout most of the 10-year period.

By the end of the planning period, 26 projects, large and small, were ready to be undertaken as Canada's contribution. All geographical regions of the country were to be studied. Funding came from many sources: a rough estimate of the cost over the 10-year period totals about 900 man-years costing \$15,000 each, or some \$13.5 million, of which NRC contributed \$6.2 million or 46 per cent.

IBP focussed on productivity, the key aspect of environ-

The pine marten dwells in Canada's forest expanses.

La martre des pins vit dans les grandes forêts canadiennes.

Information Canada



Fin du Programme biologique international

Étude des processus de la biosphère

Le Programme biologique international (PBI), entreprise de collaboration scientifique internationale sans précédent par son étendue, ayant mobilisé des biologistes de 58 pays, a porté sur l'étude à l'échelle globale des processus énergétiques liés aux radiations solaires captées par la biosphère.



Information Canada

Musk oxen survive on their Arctic pasture.

La fragilité de la toundra arctique, des océans, des forêts tropicales et d'autres merveilles naturelles apparemment indestructibles est soudainement apparue évidente à l'Homme au cours de ces dernières années. Certains attribuent cette nouvelle "conscience écologique" à l'aspect qu'a notre planète sur les photos prises de l'espace par les premiers satellites artificiels.

Les scientifiques ont toutefois commencé à se poser des questions avant cela en s'apercevant, au cours des années cinquante, que leurs connaissances étaient insuffisantes pour faire face, notamment, à la menace de mutations née des premiers essais atomiques. En dépit de progrès comme la "révolution verte" qui a considérablement accru les récoltes céréalières, la productivité finale de la nature et l'effet de l'intervention humaine sont mal connus sur le plan écologique.

C'est ce qui a conduit plusieurs organismes scientifiques internationaux à demander au Conseil international des unions scientifiques (CIUS) de mettre sur pied un programme mondial pour combler ces lacunes. En 1964, le CIUS a créé un Comité spécial du PBI et l'année suivante il a accepté de patronner "un Programme biologique international (PBI) intitulé 'The Biological Basis of Productivity and Human Welfare' (Le fondement biologique de la productivité et du bien-être de l'Homme), étude globale du rendement organique des terres, des mers et des eaux douces ainsi que du potentiel et de l'utilisation des ressources naturelles et existantes, et étude de la faculté d'adaptation humaine à un monde en évolution".

Le programme devait s'étendre sur dix ans, avec trois ans pour la planification, cinq ans pour l'exécution des projets et deux ans pour analyser et intégrer les données accumulées. Cinquante-huit nations ont accepté de participer à ce pro-

Les boeufs musqués survivent sur leurs pâturages arctiques.

gramme qui a couvert plus de 1 000 projets à travers le monde.

Le Conseil national de recherches du Canada, membre canadien du CIUS, était du nombre des organismes participants et a créé en 1964 un comité du PBI dont le Dr T.W.M. Cameron, de l'Université McGill, a assuré la présidence alors que le Dr W.H. Cook, du CNRC, servait comme directeur-général pendant la plus grande partie des dix années consacrées à cette entreprise.

À l'échéance de la période de planification et au titre de sa contribution, le Canada était prêt à entreprendre 26 projets de plus ou moins grande ampleur avec l'étude de toutes les régions géographiques du pays. Les fonds nécessaires au financement du programme sont venus de différentes sources et l'on a estimé leur montant total à quelque 13,5 millions de dollars en 10 ans, ce qui représente environ 900 hommes-années au coût unitaire de 15 000 dollars. Le CNRC a, pour sa part, payé 46% de cette somme, soit 6,2 millions de dollars.

Le PBI a été concentré sur la productivité qui est l'aspect clef des problèmes écologiques. La productivité biologique est la source de notre nourriture et de nombreuses autres ressources renouvelables et constitue la meilleure indication de la qualité et de la stabilité écologiques. Le terme s'applique au captage de l'énergie solaire par les plantes vertes et à sa transformation en substances organiques par photosynthèse ainsi qu'au cycle et à la transformation chimique des éléments nutritifs minéraux du sol, transformation qui est, là encore, largement assurée par les plantes. En paissant, les animaux herbivores absorbent avec les minéraux et sous forme d'hydrates de carbone, de graisses et de protéines, l'énergie chimique contenue dans les plantes. De la même

mental problems. Biological productivity gives us food and many other renewable resources, and it is the best measure of environmental quality and stability. The term refers to the capture of solar energy by green plants and its transformation via photosynthesis into organic substances, and to the cycling and chemical transformation of mineral nutrients from the earth, again largely by plants. As the plant is grazed, chemical energy in the form of carbohydrates, fats and proteins is transferred along with minerals to herbivores, the plant-eating animals. Similarly, there is a transfer of energy and nutrients from herbivores to carnivores (the meat-eaters). Ultimately all organisms, plants and animals alike, die, and microorganisms break them down to release the nutrients for recycling. Scientists measure the amount and rate of energy capture and flow through these transformations.

"The name of the game," explains Dr. Cook, "is energy. Production is expressed in terms of energy units; we're using kilocalories per square meter per year ($\text{kcal/m}^2/\text{y}$). This becomes comprehensible when you remember that a human being requires about 2,000 calories (2 kcal) per day to survive. In round figures, plants capture an average of about one per cent of the solar energy available on earth, and about one per cent of this ends up being converted into animal biomass."

Projects in the Canadian Arctic were encouraged since Canada has slightly less than one-third of the world's tundra. A research team wintered on Devon Island in the high Arctic to study the tundra ecosystem. As with all IBP projects, the

quarry that the people on Devon Island were after was facts and figures. They found, for instance, that between 0.03 and 0.5 per cent of the available solar energy is captured by the primary producers, the lichens, mosses, sedges and the few vascular plants that grow on the tundra. This is roughly equal to the efficiency of more temperate ecosystems. Ten per cent of the plant material is eaten by animals and 90 per cent is slowly decomposed.

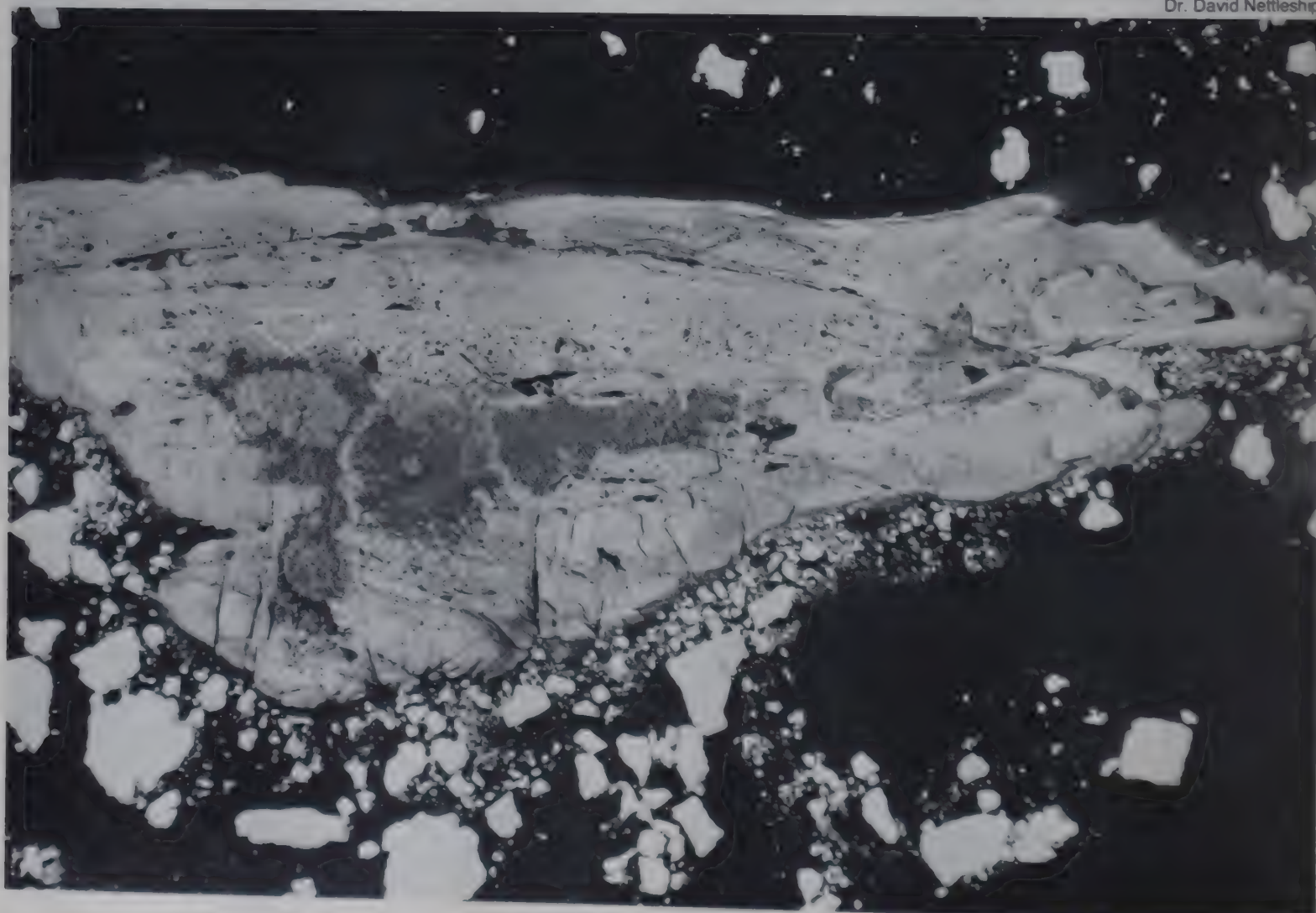
An isolated and comparatively simple Arctic freshwater ecosystem at Char Lake near Resolute, Northwest Territories, permitted a relatively complete accounting of these energy transformations. The catchment area of this lake is a polar "desert" that produces little or no organic matter. Observations made at Char Lake show both the sensitivity of Arctic lakes to apparently minor environmental changes and their slow approach to a new equilibrium following such disturbances. Removal of gravel from land near the lake for an airstrip caused additional minerals to enter the lake and their content was observed to increase progressively over three years. Although biological activity had been limited by lack of nutrients, there was a hint, but no conclusive evidence, that the additional nutrients increased productivity over the three years. "Evidently," says Dr. Cook, "there will be no 'instant' answers to questions about the overall effect of environmental changes on Arctic ecosystems."

Productivity in aquatic ecosystems, both freshwater systems and the seas, involves the capture of solar energy and

Aerial view of Funk Island, Newfoundland. Shaded areas are caused by presence of hundreds of pairs of common murre (grey areas) and gannets (white).

Vue aérienne de Funk Island, à Terre-Neuve. Les zones sombres indiquent la présence de centaines de paires de marmettes communes (parties grises) et de fous de Bassan (parties blanches).

Dr. David Nettleship





Dr. David Nettleship

Ground-level view of area indicated by arrow in photo at left.

Vue au niveau du sol de la zone indiquée sur la photo de gauche.

manière, il se produit un transfert d'énergie et de substances nutritives des herbivores aux carnivores. Finalement, plantes et animaux meurent, sont décomposés par les micro-organismes et leurs éléments nutritifs sont recyclés. Les scientifiques mesurent la quantité d'énergie captée et sa circulation par unité de surface et de temps au cours de ces transformations.

Laissons la parole au Dr Cook: "Ce jeu a un nom et ce nom est "énergie". La production est exprimée en unités énergétiques et l'on se sert de kilocalories par mètre carré et par an ($\text{kcal/m}^2/\text{an}$). Cette expression devient très claire si l'on se souvient qu'un homme a besoin pour survivre de 2 000 calories (2 kcal) par jour. En chiffres ronds, les plantes captent en moyenne 1% de l'énergie solaire reçue par la Terre et environ 1% de cette énergie est converti en biomasse animale."

Les projets visant l'étude de l'Arctique canadien ont été encouragés puisqu'un peu moins du tiers de la surface totale couverte par la toundra se trouve au Canada. Un groupe de chercheurs a passé l'hiver sur l'île Devon, dans le nord de l'Arctique, pour étudier l'écosystème de la toundra. Comme dans le cas de tous les projets du PBI, l'objectif des scientifiques travaillant sur cette île était d'obtenir des faits et des chiffres. Ils ont découvert, par exemple, que de 0,03 à 0,5% de l'énergie solaire reçue est capté par les producteurs primaires, les lichens, les mousses, les joncs et les quelques plantes vasculaires qui poussent sur la toundra. Ce rendement est approximativement égal à celui des écosystèmes des régions plus tempérées. Dix pourcent de la matière végétale sont mangés par les animaux et les 90% restants sont lentement décomposés.

Un écosystème d'eau douce arctique, isolé et relativement simple, à Char Lake près de Resolute, dans les Territoires du Nord-Ouest, a permis de faire une mesure relativement complète de ces transformations énergétiques. Le bassin de captage de ce lac est un "désert" polaire produisant peu ou pas de matières organiques. Les observations faites à Char Lake mettent en lumière à la fois la sensibilité des lacs arctiques aux variations écologiques apparemment mineures et le temps relativement long nécessaire à ces lacs pour retrouver un nouvel équilibre après des perturbations de cet ordre. Le prélèvement, à proximité du lac, de gravier pour construire une piste d'atterrissage a provoqué la pénétration de nouveaux minéraux dans le lac et on a observé que sur une période de trois ans leur volume augmentait progressivement. Bien que l'activité biologique ait été limitée par le manque de matières nutritives, ou soupçonne, mais sans avoir de certitude, que les substances nutritives d'apport ont accru la productivité pendant cette période. Écoutons encore le Dr Cook: "Il ne faut pas, bien sûr, attendre de réponses instantanées aux questions relatives à l'impact général des modifications écologiques sur les écosystèmes arctiques."

La productivité dans les écosystèmes aquatiques, tant marins que d'eau douce, implique le captage d'énergie solaire et la synthèse par le phytoplancton libre, les spirogyres et les algues marines des substances nutritives en matières organiques. Des quantités variables de matières organiques et de matières nutritives végétales entraînées par les pluies s'y ajoutent. Dans le domaine marin, plus productif, la pêche représente environ 0,1 à 0,2% de la production phytoplanctonique.

Une des découvertes encourageantes faites dans le ca-

the synthesis of nutrients into organic matter by free-drifting phytoplankton, algae and seaweed. In addition, a variable amount of organic matter and plant nutrients are washed in from the land. In the more productive marine areas the fish catch is about 0.1 to 0.2 per cent of the phytoplankton production.

One of the encouraging findings of the Canadian IBP projects is that the Gulf of St. Lawrence, Canada's major estuary, is underfished. Taking 0.1 per cent of phytoplankton production as a reasonable estimate of the Gulf's fish production, it should produce about two million tons of fish annually or about four times the present commercial harvest.

Marine scientists working at the other end of the country were able to report another positive finding: the waters of the Strait of Georgia between Vancouver Island and mainland British Columbia have not deteriorated in the past 30 years despite industrial development along the coast. Nutrient levels and the plankton population are the same today as they were in a study made in the 1940's. This illustrates the importance of establishing comprehensive base lines of data against which future studies can be compared for estimating the effect of environmental change.

One of the largest projects undertaken by Canadian scientists was concerned with both primary (plant) and secondary (animal) productivity on a unique site of virgin prairie grassland at Matador in southern Saskatchewan.

A related study of primary productivity in a cornfield at

Guelph, Ontario, provided information on agricultural meteorology and a measure of the productivity attained in a managed ecosystem in a fertile region. It was the most productive of the ecosystems studied, yielding twice the plant biomass of the virgin grasslands at Matador and nearly 40 times as much as the Arctic lake. It converted about 1.1 per cent of the visible light energy into starch in the kernel, or about 2.7 per cent into total plant biomass during the five-month growing season. The cornfield captured 1.4 per cent of the energy available through a 12-month period, and the grassland 0.7 per cent.

A sub-objective of the International Biological Program was to survey many sites of particular ecological interest to determine their status during the period of the program and to promote the preservation of those of unique value as ecological reserves. Some 900 sites in Canada were considered for this purpose and priorities assigned to a number of those that merit protection. They would preserve bench marks for measuring long-term changes in the environment and allow future research on natural sites, as well as sheltering endangered or useful wild species. Among recommended sites in Canada were a Sitka spruce forest on the west coast of Vancouver Island that is untouched by humans or fire; tiny, barren Seymour Island in the Arctic Ocean, which is the only known nesting place of the rare ivory gull; the Old Crow Basin in the Arctic that contains the earliest record of man in North America, a rich research site for studies in archeology, biol-

A black-legged kittiwake family.

Famille de mouettes tridactyles.

Dr. David Nettleship





Information Canada

Arctic fox cub surveys his tundra home.

Un renardeau arctique inspecte son environnement.

dre des projets canadiens du PBI est que le Golfe du Saint-Laurent, principal estuaire canadien, est insuffisamment exploité sur le plan de la pêche. Si l'on considère que 0,1% de la production phytoplanctonique est une évaluation raisonnable du volume de poissons fourni par le golfe, son rendement annuel devrait être de deux millions de tonnes de poissons, soit quatre fois le rendement commercial actuel.

Les spécialistes de l'environnement marin travaillant à l'autre extrémité du pays ont fait une autre constatation intéressante: les eaux du Détroit de Georgie entre l'île de Vancouver et la Colombie britannique continentale n'ont pas subi de détériorations au cours des 30 dernières années malgré le développement industriel du littoral. Les niveaux de matières nutritives et la population planctonique sont ce qu'ils étaient lors d'une étude faite dans les années quarante. Ceci illustre l'importance de disposer de données de référence fondamentales avec lesquelles des études futures peuvent être comparées pour évaluer l'impact des changements écologiques.

L'un des plus importants projets entrepris par les chercheurs canadiens portait sur l'étude de la productivité primaire et secondaire, c'est-à-dire végétale et animale, dans une zone sélectionnée de prairies vierges, à Matador, dans le sud de la Saskatchewan.

Une étude connexe de la productivité primaire d'un champ de maïs, à Guelph, dans l'Ontario, a permis d'obtenir des données sur la météorologie agricole et d'avoir un aperçu de la productivité d'un écosystème contrôlé d'une région fertile. Cet écosystème s'est révélé le plus productif parmi les écosystèmes étudiés puisqu'on a pu constater que son rendement en biomasse végétale était le double de celui des prairies vierges de Matador et près de 40 fois celui du lac

arctique. On a mesuré qu'il convertit 1,1% de l'énergie lumineuse visible en amidon au niveau du grain, soit environ 2,7% en biomasse végétale totale pendant les cinq mois que dure la croissance des cultures. La quantité d'énergie captée par le champ de maïs s'élevait à 1,4% de l'énergie reçue pendant 12 mois, comparativement à 0,7% pour les prairies.

Un des sous-objectifs du Programme biologique international était d'étudier de nombreux sites particulièrement intéressants sur le plan écologique pour en faire le bilan au cours de la durée du programme et encourager la préservation des sites présentant une valeur exceptionnelle en tant que réserves écologiques. Au Canada, environ 900 sites ont été choisis pour cette étude en accordant la priorité à un certain nombre de sites que l'on a jugé devoir protéger. Ils fourniraient des points de référence permettant de mesurer les changements écologiques à long terme et de faire, à l'avenir, des recherches sur des sites naturels tout en offrant une protection aux espèces sauvages menacées ou utiles. Au nombre des sites que l'on a recommandé de protéger nous pouvons citer une forêt d'épicéas de Sitka sur la côte ouest de l'île de Vancouver qui n'a pas été affectée par l'activité humaine ou par le feu; la petite et stérile île Seymour, dans l'océan Arctique, qui est le seul endroit connu où les mouettes blanches, espèce rare, font leur nid; le "Old Crow Basin" dans l'Arctique, où se trouve les indices les plus anciens de la présence de l'homme en Amérique du Nord et qui constitue également un riche site de recherche pour les études archéologiques, biologiques et ornithologiques; les prairies de Matador, seules prairies naturelles restant en Amérique du Nord; "Backus Woods", dans l'Ontario, qui constitue l'unique berceau des espèces de Caroline du Sud au nord du Lac Érié; la montagne de Stoneham, au nord de la ville de Québec, où

ogy and ornithology; the Matador grassland, the only native prairie remaining in North America; Backus Woods in Ontario that provides the only cradle for southern Carolinian species north of Lake Erie; Stoneham Mountain north of Quebec City, which contains a succession of indigenous forest species typical of a large region now threatened by exploitation; and Cape St. Mary's in Newfoundland, which includes Bird Rock, a rich bird-breeding region now threatened by human activity.

The Canadian program included related study areas on human ecology concerned largely with the Eskimo population. One of these dealt with wildlife utilization by the Inuit of Grise Fiord and formed part of the high Arctic ecosystem project. This community was formed two decades ago by some 36 people who formerly inhabited Arctic islands and adjacent lowlands. Population growth and the replacement of sled dogs with the snowmobile have meant an increasing strain on wildlife; caribou are now overhunted and the carcasses of fur-bearing animals, previously consumed by dogs, are now wasted, while snowmobile fuel becomes more expensive. But some are aware of this: "Can't eat snowmobile," explains Dr. Cook, "is a lament heard not infrequently."

A second study area formed part of an international study of circumpolar peoples. The communities at Hall Beach and Igloolik were chosen for this as they provided access to several hundred subjects. Like the Grise Fiord people, these communities have an expanding population that is undergoing a change in lifestyle. Growing contacts with western

culture have brought the snowmobile, imported carbohydrate-rich food, a substantial wage economy, and schools. The development of an index to measure cultural change experienced by individuals was complicated by the rapid changes that occurred during the course of the study.

Results of the Canadian projects have appeared in over 300 scientific papers and reports. Our contribution to IBP is summarized in a book entitled "Energy Flow: Its Biological Dimensions" to be published by the Royal Society of Canada this year. The world-wide results of IBP will be published by the Cambridge University Press over the next two years in a series of some 31 volumes.

IBP aimed to measure as many of the ecosystem variables as possible. Its ultimate goal is to use the methods of systems analysis to develop computer models of the natural energy transactions that take place in the environment.

These models will be required to quantify the many interacting variables that affect biological productivity. "Some specialized models have been proposed but the formulation of general ecosystems models is still under study nationally and internationally," states Dr. Cook.

"Completion of this phase," he explains, "lies in the future, but if any of the proposed models are shown to have a predictive capability, it could be the most important legacy from IBP." □

Bruce Henry

American sparrow hawk.

Crécerelle américaine.

Information Canada





Information Canada

Long-eared owl.

Hibou à aigrettes longues.

l'on trouve une succession d'espèces forestières indigènes typiques d'une large région maintenant menacée par l'exploitation; et, enfin, le cap Ste-Marie, à Terre-Neuve, qui comprend "Bird Rock", riche région de reproduction aviaire maintenant menacée par l'Homme.

Le programme canadien comprenait des domaines d'études connexes sur l'écologie humaine portant surtout sur les populations esquimaudes. L'une de ces études touchait l'utilisation de la flore et de la faune par les Inuits de Grise Fiord et constituait une partie du projet d'étude des systèmes écologiques du nord de l'Arctique. Cette communauté s'est formée il y a deux décennies avec un noyau d'environ 36 personnes qui vivaient avant sur des îles arctiques et des basses terres adjacentes. La croissance démographique et le remplacement des chiens de traîneau par la motoneige portent de plus en plus atteinte à la flore et à la faune; les caribous sont maintenant décimés par une chasse intensive et les carcasses des animaux à fourrure, auparavant dévorées par les chiens, sont maintenant inutilisées, alors que le prix du combustible des motoneiges a augmenté. Certains ont conscience de cet état de choses puisque, nous confie le Dr Cook, "il n'est pas rare d'entendre des gens se plaindre de ne pouvoir manger les motoneiges".

Un deuxième domaine d'études faisait partie d'une étude internationale des populations circumpolaires. Ce sont les communautés de Hall Beach et d'Igloolik qui ont été choisies parce qu'elles donnaient accès à plusieurs centaines de sujets. Comme Grise Fiord, ces communautés sont en pleine croissance démographique et leur mode de vie subit des changements. L'augmentation des contacts avec les cultures occidentales a amené la motoneige, les denrées alimentaires

importées riches en hydrates de carbone, un système économique largement basé sur le salariat, et des écoles. La mise au point d'un indice pour mesurer les changements culturels affectant les individus a été gênée par les modifications rapides qui sont intervenues au cours de l'étude.

Les résultats des projets canadiens ont été publiés dans plus de 300 communications et rapports scientifiques. La contribution du Canada au PBI est résumée dans un ouvrage intitulé: "Energy Flow: Its Biological Dimensions" qui doit être publié cette année par la Société royale du Canada. Les résultats, à l'échelle mondiale, du PBI seront publiés par la "Cambridge University Press" au cours des deux prochaines années sous forme d'une série d'environ 31 volumes.

L'objectif du PBI était de mesurer un nombre aussi grand que possible de variables affectant les systèmes écologiques. Son objectif ultime est d'utiliser les méthodes d'analyse des systèmes pour mettre au point des modèles mathématiques des différentes étapes de l'utilisation de l'énergie naturelle au sein de l'environnement.

Ces modèles mathématiques seront indispensables pour quantifier les nombreux facteurs qui affectent la productivité biologique. Laissons la conclusion au Dr Cook: "On a proposé des modèles spécialisés mais la formulation de modèles généraux d'écosystèmes est encore à l'étude tant au Canada qu'à l'étranger."

"L'achèvement de cette phase est encore du domaine du futur, mais s'il est démontré que l'un des modèles proposés permet de faire des prévisions, ce pourrait être là le résultat le plus important que nous aura légué le PBI." □

Texte français: Claude Devismes

The electromagnetic properties of precipitation — Radar watch on the rain

Radar systems, and many communications systems, exploit the properties of electromagnetic signals having orthogonal polarization. Precipitation is the most important single factor in the degradation of such signals. NRC's Radio and Electrical Engineering Division is increasing knowledge of the depolarizing effects of precipitation media and providing valuable data on storm structure.

The intensive application of scientific and technological developments has enabled modern industrial nations to gain a degree of insulation from some of the disturbing effects of the natural environment. Daily life has become less sensitive to nature's vagaries, and it generally requires one of nature's more cataclysmic events to remind us of our vulnerability. We are in actual fact less insulated from the disturbing effects of natural phenomena than we generally realize — even comparatively unspectacular rainstorms, snowfall or hailstorms can cause serious disruption, especially in the fields of communications and radar. Rain, or precipitation of any kind, can cause serious degradation in some electromagnetic signals.

In the case of radar, this manifests itself as unwanted echoes from the precipitation particles (raindrops, snowflakes, etc.) causing background "clutter" on the radar screen. Sometimes this "clutter" can be of sufficient intensity to make the distinguishing of desired echoes (such as those from aircraft) a difficult and even uncertain process.

A team of researchers, under the direction of Dr. Glen

McCormick and Mr. Archibald Hendry, from the National Research Council of Canada's Radio and Electrical Engineering Division, are engaged in a program of investigation into the electromagnetic properties of precipitation particles and precipitation media with special reference to their effect on signal polarization. The properties of the particles which affect polarization are their shape and orientation angle; hence the shape and orientation of raindrops (or snowflakes, hailstones, etc.) are the characteristics which are basic to the NRC study of precipitation and polarization. Not only has this program provided valuable information on the means of reducing radar clutter and improving our understanding of transmission

The inside of the radar control room (immediately below the antenna page 27). An area of precipitation is indicated on the oscilloscope screen (upper right).

Intérieur de la salle de contrôle radar placée immédiatement sous l'antenne (page 27). Une zone de précipitations est indiquée sur l'écran de l'oscilloscope (en haut, à droite).



Les propriétés électromagnétiques des précipitations

La surveillance radar des nuages de pluie

De nombreux systèmes de communications et de radars exploitent les propriétés de signaux électromagnétiques ayant une polarisation orthogonale. Les précipitations constituent le facteur le plus important de la dégradation de ces signaux. Le CNRC cherche à augmenter nos connaissances sur les effets dépolarisants des précipitations et à acquérir des données intéressantes sur la structure des orages.

L'application intensive des développements scientifiques et techniques a permis aux nations industrielles modernes de se protéger, jusqu'à un certain point, contre certains effets perturbateurs de l'environnement naturel. Notre vie journalière est moins influencée par les phénomènes naturels et, en général, il faut qu'il se produise un cataclysme pour nous rappeler que nous sommes très vulnérables. En fait, nous sommes beaucoup moins protégés contre les effets perturbateurs des phénomènes naturels que nous ne le pensons généralement et même des trombes d'eau comparativement peu spectaculaires, ou des chutes de neige ou de grêle peuvent causer des perturbations sérieuses surtout dans le domaine des communications et du radar. La pluie ou les autres précipitations peuvent en effet gêner beaucoup la transmission de certains signaux électromagnétiques.

Dans le cas du radar, ces perturbations se manifestent sous la forme d'échos indésirables, apparaissant sur l'écran, donnés par les gouttes de pluie, les flocons de neige, etc., et appelés échos de "clutter", c'est-à-dire échos de cibles parasites. Ces cibles parasites peuvent avoir quelque fois une intensité suffisante pour que la distinction entre les échos utiles, comme ceux qui sont donnés par des avions, et les échos inutiles devienne difficile et même incertaine.

Des chercheurs dirigés par le Dr Glen McCormick et M. Archibald Hendry, de la Division de génie électrique du CNRC, font des études sur les propriétés électromagnétiques des particules constituant les précipitations et sur le milieu dans lequel évoluent ces précipitations en insistant tout spécialement sur l'influence des précipitations sur la polarisation des signaux. Cette polarisation est, en effet, affectée par la forme et l'orientation des particules et, en conséquence, par la forme et l'orientation des gouttes de pluie, des flocons de neige, ou des grêlons, etc..

Ce programme d'études n'a pas seulement donné des renseignements intéressants sur les moyens de réduire l'influence des cibles parasites et d'améliorer nos connaissances sur la transmission de signaux à travers des orages, mais il permet aussi d'obtenir de nouvelles données importantes sur la structure des orages.

Le Dr McCormick nous a dit: "Les radars habituels comme ceux que l'on trouve sur les aéroports peuvent utiliser une polarisation circulaire pour réduire l'influence des cibles parasites." Il nous a ensuite expliqué ce qu'il entendait par polarisation circulaire d'une onde électromagnétique, polarisation qui peut être "visualisée" en considérant que le signal se propage suivant une trajectoire hélicoïdale dont l'axe est la direction de la transmission. Toutefois ces signaux électromagnétiques réguliers peuvent être modifiés pour que la trajectoire hélicoïdale tourne dans le sens positif (sens inverse des aiguilles d'une montre) ou dans le sens négatif (sens des aiguilles d'une montre). Si un signal polarisé circulairement est émis et que l'onde se trouve à frapper une cible sphérique, le signal réfléchi est renvoyé sous la forme d'une image de la trajectoire hélicoïdale. En d'autres mots, le mouvement hélicoïdal au retour a une rotation de sens inverse. Si l'on suppose que la cible est parfaitement symétrique, les signaux de retour, après balayage de la cible, ne témoignent d'aucune différence de forme. D'un autre côté, si l'onde se trouve à rencontrer une cible non sphérique, comme c'est le cas de l'onde réfléchie par un avion, les trajectoires suivies par l'onde réfléchie pourront être considérées comme étant le

résultat donné par un mélange de trajectoires hélicoïdales tournant dans un sens et de trajectoires hélicoïdales tournant dans l'autre sens. Si l'antenne de réception est conçue pour ne repérer que les signaux à trajectoires hélicoïdales de même sens au retour qu'à l'aller, les échos émanant des précipitations seront alors exclus de l'écran.

Comme le Dr McCormick nous l'a fait remarquer, les radars à polarisation circulaire fonctionnent selon l'hypothèse que la pluie est faite de gouttelettes parfaitement sphériques. Toutefois, en fait, ce n'est pas le cas. Il est certain que, sans la résistance de l'air durant la chute, les gouttelettes seraient sphériques mais, en fait, les forces aérodynamiques donnent une déformation. Contrairement à ce que la plupart des gens imaginent, les gouttelettes sont aplaties dans le plan horizontal et non pas dans le plan vertical. Le Dr McCormick nous a dit: "Dans ce cas, le profil n'étant plus symétrique, on obtient un écho fait de composantes à sens positif et à sens négatif. En outre, à mesure que l'onde se propage dans le milieu de la précipitation, elle tend à se dépolariser, c'est-à-dire que le mouvement circulaire autour de l'axe de propagation tend à devenir elliptique ce qui donne une trajectoire hélicoïdale aplatie." En conséquence, l'élimination de l'effet des cibles parasites ne sera pas obtenue autant que l'on voudrait si l'on se sert d'une onde polarisée circulairement. Une autre conséquence réside dans le fait que les propriétés de polarisation du radar peuvent être exploitées pour la télédétection de caractéristiques de particules des précipitations puisque la forme de l'onde de retour est influencée par celle des particules.

Le radar utilisé par le Dr McCormick et M. Hendry fonctionne sur 16,5 GHz; il permet une polarisation circulaire exceptionnellement pure et aussi une polarisation linéaire et elliptique si l'on se sert d'une deuxième antenne comme moyen de communication par micro-ondes sur une distance de 0,85 km (0.5 mile) afin de mesurer l'influence dépolarisante des précipitations. Un aspect important de l'installation se trouve dans l'équipement récepteur à deux voies, ce qui permet de recevoir les ondes à sens positif et les ondes à sens négatif. Le Dr McCormick nous a expliqué: "Avec cet équipement nous pouvons émettre des ondes polarisées circulairement en direction d'une région orageuse et, en comparant l'onde de retour sur chaque voie, nous pouvons déterminer le pourcentage d'élimination obtenu des cibles parasites. Nous pouvons aussi mesurer la perte de circularité du signal émis et ainsi déterminer le degré de dépolarisation causé par les précipitations."

Toutefois, ce qui est plus intéressant pour les chercheurs se trouve dans le fait que nous pouvons aussi nous servir du radar pour examiner l'orientation des gouttelettes de pluie. En raison de la turbulence de l'air, le vent relatif durant la chute varie et tend à faire basculer légèrement la gouttelette de sorte que son grand axe n'est plus horizontal. M. Hendry nous a dit: "Des photographies ont montré que ces angles de basculement ont une répartition assez aléatoire mais, naturellement, toutes les photographies que nous avons prises concernent des gouttelettes proches du sol. Grâce au radar nous pourrions examiner ces angles à différentes altitudes et si nous pouvions démontrer que les gouttelettes, pour la plupart, tendent à basculer d'un angle égal et que nous puissions mesurer cet angle, nous pourrions alors sélectionner un signal polarisé de telle manière que la dépolarisation

through storm areas but it is also yielding important new data on the structure of storms.

"Conventional airport radars can use circular polarization to reduce rain clutter," says Dr. McCormick. He then goes on to explain what is meant by circular polarization of an electromagnetic wave (or signal). It can be visualized as a signal which traces a helical (or corkscrew) path along the line of its transmission. Regular electromagnetic signals can be modified in this manner to describe either right-hand or left-hand helices. If a circularly polarized signal is transmitted and it hits a spherical target, the reflected signal will be returned as a mirror-image of the helix. In other words its "sense" will be reversed into an "opposite-sense" return signal (i.e. a left-hand helix will become a right-hand helix). Assuming the target is perfectly symmetrical, as the signal "scans" the target it will encounter no differences in shape. On the other hand, when the signal hits an asymmetrical target such as an aircraft, upon reflection, it will be a mixture of "same-sense" and "opposite-sense" helices. If the radar receiver is designed to accept only "same-sense" return signals, then the echoes from the precipitation will be excluded from the radar screen.

As Dr. McCormick points out, circularly polarized radar systems operate on the premise that rain consists of perfectly spherical water droplets. However, in practice this is not the case. Certainly if air resistance is ignored, a raindrop in free fall would assume the shape of a perfect sphere, but aerodynamic forces combine to distort this spherical shape. Unlike the popularized raindrop of illustrators, an actual raindrop is flattened in the horizontal rather than the vertical plane. "In this case, the raindrop presents an asymmetrical profile to the radar signal," says Dr. McCormick, "and will produce a return signal that comprises both 'same-sense' and 'opposite-sense' components. Also, as the signal propagates through the precipitation particles, it tends to become depolarized, that is, the helix, instead of describing a perfect circle, becomes elliptical, its movement resembling a flattened helix." This means that the anticipated degree of clutter cancellation will not be achieved if a circularly polarized signal is used. It also means that the polarization properties of radar can be exploited for the remote sensing of characteristics of precipitation particles, since the nature of the return signal is influenced by these particles.

The radar system used by Dr. McCormick and Mr. Hendry, a 16.5 GHz polarization diversity radar (which can transmit circular polarization of exceptional purity as well as linearly and elliptically polarized signals), can also be used, in conjunction with a second antenna, as a microwave communications link over a 0.85 km (0.5 mile) distance for measuring the depolarizing effects of precipitation on microwave signals. An important feature of the installation is the dual-channel receiving equipment which allows both same-sense and opposite-sense returns to be collected and compared. "With this equipment," explains Dr. McCormick, "we can aim a circularly polarized signal at a storm area, and from the comparison of the signals in each channel, we can determine the level of clutter cancellation achieved. We can also measure the loss of circularity of the transmitted signal, thus determining the degree of depolarization caused by the precipitation."

However, of more interest to the researchers was the possibility of using the radar to examine raindrop orientation. Air turbulence tends to tilt the raindrops slightly away from the horizontal — "photographic evidence suggested that raindrop angles were pretty random," points out Mr. Hendry, "but of course, all these photographs are taken at close to ground level. With the radar, we could look at these angles at a wide range of altitudes, and if we could show that the majority of

the raindrops tended to tilt to the same angle, and then measure this angle, we would be able to select an electromagnetic signal polarized in such a way that it would suffer minimal depolarization as it propagated through the rain."

In investigating a particular storm, the radar unit is normally set up to transmit a circularly polarized signal, with the dual-channel receiving system responding to same-sense and opposite-sense return. The return signals from precipitation will be predominantly opposite-sense with a limited amount of same-sense return. "We can sample the signal at 12 time intervals, corresponding to 12 points one-half a km (550 yards) apart along the line of the signal, so we get information simultaneously from 12 points across the storm area," says Dr. McCormick. "As well as detecting the power of the signal in each channel, for each position we can analyze the signal to determine what proportion of the raindrops are oriented in a similar direction and what their average orientation angle is."

Typical observations through widespread rain using a circularly polarized signal showed that as the signal penetrated further into the rain, it progressively degenerated in quality. These observations also revealed a very high degree of orientation of raindrops below the freezing level — "for example, up to an altitude of 6,500 ft (2 km), the raindrops were very highly oriented — about 90 per cent," says Dr. McCormick, "that is, about 90 per cent of the raindrops were oriented at approximately the same angle which was not very far off the horizontal." However, at the freezing level, around 8,200 ft (2.5 km), a different picture emerged, particle orientation being very much more random, the typical degree of orientation being of the order of 20 per cent.

It has been found that if attention is focussed on a particular region of a storm, clutter cancellation can be improved by selecting a radar signal whose polarization is initially slightly elliptical, in effect "tuning" the polarization of the signal to the particular electromagnetic characteristics of the medium through which it must pass. This has the disadvantage that while clutter cancellation may be close to optimum for the region selected, it can be considerably reduced in other areas.

Another important facet of the work is the identification, by polarization means, of the types of precipitation particles existing throughout intense storms. As a result of all-season observations of the various forms of precipitation occurring in the Ottawa area, it is now possible to identify many of the forms of precipitation which occur throughout intense storms (which may reach heights of 13 km or eight miles or more in the Ottawa area). Such information is useful for the planning and evaluation of cloud-seeding, a technique which is increasingly used in western Canada in attempts to curtail the occurrence of large hailstorms which cause extensive damage to crops of all kinds. Although this identification technique has by no means been perfected as yet, it appears certain that polarization measurements are very valuable for revealing conditions in the inaccessible regions of intense storms.

As has been mentioned, precipitation interference with electromagnetic signals is not only of importance in the radar field: communications systems and some satellite control systems exploit the properties of orthogonally polarized signals, and precipitation is the most important single influence in the degradation of such signals.

If energy is the lifeblood of our technological world, the communications networks form its nervous system, and the work of this research team is providing vital information on the interaction of this nervous system with the natural world, information which will enable us to better understand the functioning of both. □

David Mosey

serait minimale à mesure que l'onde s'enfoncerait dans la pluie."

Habituellement, lorsque l'on explore un orage particulier, le radar est normalement réglé pour émettre un signal polarisé circulairement et, grâce aux deux voies de réception, pour recevoir les ondes à sens positif et à sens négatif. L'onde de retour est surtout composée de mouvements hélicoïdaux à sens de rotation opposée à celui du départ. Le Dr McCormick nous a dit: "Nous pouvons échantillonner le signal à douze intervalles de temps correspondant à douze points séparés les uns des autres par une distance d'un demi-kilomètre, c'est-à-dire de 550 verges le long de l'axe du signal de sorte que nous obtenons des données simultanément des douzes points espacés dans l'orage. Nous pouvons détecter la puissance du signal de retour sur chaque voie et, pour chaque point, nous pouvons aussi analyser le signal et déterminer quelle est la proportion des gouttelettes qui sont orientées dans la même direction et trouver la valeur de l'angle moyen de basculement."

Des observations types concernant de grandes zones de pluie ont montré que le signal polarisé circulairement au départ se déforme progressivement à mesure que l'onde pénètre dans la pluie. Ces observations ont aussi montré que les gouttelettes se trouvant sous l'isotherme zéro sont très fortement orientées. Le Dr McCormick nous a dit: "Ainsi, par exemple, jusqu'à une altitude de 6 500 pieds (2 km), 90% approximativement des gouttelettes ont basculé d'un même angle peu éloigné de l'horizontale." Toutefois, au niveau de l'isotherme zéro vers 8 200 pieds (2,5 km), l'orientation des particules est beaucoup plus aléatoire et seulement 20% environ des gouttelettes ont basculé d'un même angle.

On a trouvé que si l'on fait attention à certaines régions particulières d'un orage, la neutralisation des échos parasites peut être améliorée en sélectionnant un signal radar dont la

polarisation est dès le départ légèrement elliptique, c'est-à-dire en "réglant" la polarisation du signal en rapport avec les caractéristiques électromagnétiques particulières du milieu qui doit être traversé. Cette méthode a l'avantage de donner une neutralisation presque optimum des échos parasites pour la région sélectionnée mais, par contre, de diminuer cette neutralisation considérablement dans les autres régions.

Un autre aspect important de la recherche se trouve dans l'identification, au moyen de polarisations, des types de particules constituant les précipitations et se trouvant présentes dans des orages violents. Grâce aux résultats obtenus en faisant des observations en toutes saisons sur les formes variées des précipitations dans la région d'Ottawa, on peut maintenant identifier de nombreuses formes de précipitations qui se produisent dans le cas de forts orages dont les nuages peuvent atteindre une altitude d'au moins 13 km (8 miles) dans la région d'Ottawa. De disposer de ces informations est utile pour la planification et l'évaluation de l'ensemencement des nuages, technique qui est utilisée de plus en plus dans l'ouest du Canada pour essayer de lutter contre l'apparition de gros orages de grêle causant de grands dommages à toutes les cultures. Quoique cette technique d'identification ne soit pas encore parfaite, il apparaît certain que les mesures utilisant la polarisation sont très utiles pour déterminer les conditions des précipitations en des lieux inaccessibles des orages violents.

Comme on l'a déjà mentionné, les interférences électromagnétiques dues aux précipitations ne sont pas seulement importantes dans le domaine du radar mais aussi pour les systèmes de communications et certains systèmes de contrôle des satellites qui exploitent les propriétés de signaux polarisés orthogonalement; dans ces derniers domaines les précipitations constituent le facteur le plus important ayant une influence sur la dégradation des signaux.

Si l'énergie est à la base de notre monde technologique, les réseaux de communications en sont le système nerveux. Par leurs travaux, ces chercheurs obtiennent des renseignements vitaux sur l'interaction entre ce système nerveux et la Nature ce qui devrait permettre de mieux comprendre le comportement de l'un et de l'autre. □

Texte français: Louis-Georges Desternes

The transmitting antenna for the radar installation mounted on the roof of the Radio and Electrical Engineering Division's Montreal Road Laboratory.

L'antenne d'émission du radar montée sur le toit des laboratoires de la Division de génie électrique, chemin de Montréal.



Churchill river model — In the full tide of successful experiment

The Hydraulics Laboratory of the Division of Mechanical Engineering has constructed and validated one of Canada's first salt-water tidal models.

The town of Churchill is situated at the mouth of the Churchill River, some 600 miles (1 000 km) north of Winnipeg, on the western shores of Hudson Bay. The Churchill River was discovered in 1619 by the Danish explorer Jens Munk, nine years after Henry Hudson's fateful voyage. By 1689, a port was established and, some 22 years later, a Hudson's Bay trading post. By the mid-nineteenth century, the need for a seaport to serve the Prairie grainlands resulted in a series of expeditions and studies, lasting until the turn of the century, to select a port which would form the northern terminus of a railway line linking the farmlands of the south and west to the coast. Originally (1912 to 1917) Port Nelson was selected for this terminus but because of its shallow exposed nature, extensive dredging would have been required, and Churchill was chosen as an alternative harbor, development starting in 1928. At the present time, the harbor has a dock length of 2,772 feet (850 m), a grain elevator capacity of five million bushels, and forms an important conduit for Canada's grain exports. Ships from Europe convey approximately 25 million bushels of grain out of Churchill each year.

In view of its latitude (close to the 59th parallel), Churchill's shipping operations are severely circumscribed by ice; the passage of commercial shipping through the Hudson Strait is not usually possible before mid-July or after early November. This already brief shipping season is further shortened by icing conditions peculiar to the harbor. Considerably before the formation of sea ice, water up-river from the harbor begins to freeze. This slush ice is carried downstream and passes through the harbor area and out to Hudson Bay on the ebb-tide. The relatively deep harbor area along the dock is on the outside bend of the flow, so that the currents naturally direct the ice toward the harbor and along the dock face. This has the effect of impeding ships from coming alongside the dock, as well as causing damage to the dock wall. Also, ice jams between the dock wall and ships already moored there, in conjunction with a three-foot-per-second (1 m/sec) ebb current, can place excessively heavy loads on the ships' hawsers.

In 1965, at the request of the National Harbors Board, the National Research Council carried out a study of the feasibility of extending Churchill harbor's shipping season. The resulting report commented: "In the autumn, the harbor becomes unusable about 23 October, and the (Hudson) Strait about 10 November, although the latter is situated further to the North. The discrepancy in these dates offers encouragement that something could be done to extend the season . . . it would seem feasible to extend the shipping season by an average of 14 days." Several possible courses of action were suggested in the report, the most promising of which was regarded as the direct physical exclusion of ice from the dock by means of a permanent structure extending out from the upstream end of the dock, although this suggestion was accompanied by the caveat "it should be noted, however, that although this scheme could proceed in stages, a model study would be extremely helpful. . . ."

The National Harbors Board has sponsored a scale-model study of Churchill harbor which is being carried out by the Hydraulics Laboratory of the National Research Council's Division of Mechanical Engineering. The main purposes of the study are to investigate various types of ice-deflecting structures and to gain some information on sediment movement and deposition due to changes in the flow pattern caused by the deflecting structure. The scale model is 185 feet (56 m) long, representing 14 miles (22 km) of the Churchill River and estuary, a scale of 1:400. However, the

depth is scaled 1:50. "We have to achieve turbulent flow in the model," points out Dr. Bruce Pratte of the Hydraulics Laboratory, "and if we used a depth scale of 1:400 the model depth in some places would be so shallow that the water flow would be laminar — that is, the water would flow smoothly in well-defined layers — a most unrealistic situation. With a 1:50 vertical scale there is sufficient depth for the flow to be turbulent and for realistic water mixing processes to take place." With this distortion of the depth scale then, it becomes necessary to create a distortion in the roughness, or irregularities, of the river bed. "We start with a comparatively smooth concrete model," says Dr. Pratte, "so we have to add artificial roughness elements. In the dock area, for example, we use stainless steel strips projecting up from the model bed, and further upstream very coarse gravel is added by trial and error, until finally the tidal elevations and velocities in the model agree with the real river."

The model is the laboratory's first salt-water model and is one of the first large salt-water tidal models in Canada. The reason for requiring a salt-water model was the well-defined stratification of the river which occurs in the harbor area of the estuary. Field measurements revealed remarkably different velocities and directions between the fresher surface layer of river discharge and the denser bottom salt-water layer from Hudson Bay. For example, at the estuary mouth, when the tide is starting to rise, for several hours after low tide, the salt layer moves upstream into the harbor following the deep channel, whereas at the same time the fresher surface layer is still moving downstream out to sea. Therefore, silt may be brought in by the lower layer in a manner that would not be represented by the usual all fresh-water models. "This flow phenomenon shows up very clearly," says Dr. Pratte, "if we put some purple dye into the bottom or salty layer and some green dye on the fresher surface layer. You can see the surface dye moving downstream while the purple salt-water layer moves upstream."

Another requirement of the model for which salt water is needed, is the study of how far the salt-water front, (where there is only a trace of salt) will penetrate upstream at very high tides and low river discharges. This information is required to ensure that Churchill's fresh-water intake pipe will be located far enough upstream that there is no danger of salt-water contamination when low flows result from the di-

Dr. Bruce Pratte injects colored dye into the harbor area of the model to trace the complex flows of salt- and fresh-water currents.

Le Dr Bruce Pratte injecte un colorant dans la région du port pour visualiser les écoulements complexes faits de courants d'eau douce et d'eau salée.



Le modèle du fleuve Churchill

En plein succès expérimental

Le laboratoire d'hydraulique de la Division de génie mécanique a construit et mis au point l'un des premiers modèles réduits simulant les marées au Canada.

La ville de Churchill se trouve à l'embouchure du fleuve Churchill, à environ 600 miles (1 000 km) au nord de Winnipeg, sur la côte ouest de la Baie d'Hudson. Le Churchill a été découvert en 1619 par l'explorateur danois Jens Munk, neuf années après le voyage tragique d'Henry Hudson. En 1689, un port a été créé et environ 22 années plus tard on a construit un comptoir de la Compagnie de la Baie d'Hudson. Au milieu du dix-neuvième siècle, on avait besoin d'un port pour évacuer les grains des grandes plaines des Prairies. A cette fin, on a fait une série d'études et des expéditions jusqu'à la fin du siècle afin de trouver le meilleur terminus de la ligne de chemin de fer reliant le grenier à blé canadien du sud et de l'ouest à la côte au nord. A l'origine, on a choisi, entre 1912 et 1917, Port Nelson comme terminus mais, comme il fallait faire des dragages coûteux, Churchill a été finalement choisi et son développement comme port de mer a commencé en 1928. Actuellement, le port dispose de 2,770 millions de boisseaux de grain environ chaque année.

En raison de sa latitude proche du 59ième parallèle le port de Churchill est sérieusement limité par les glaces. Habituellement, on ne peut pas passer dans le détroit d'Hudson avant la mi-juillet et ce détroit se trouve ensuite bloqué par les glaces dès le début de novembre. En outre, cette saison de navigation fort courte est encore réduite du fait de conditions particulières des glaces dans le port. En effet, bien avant que la mer soit prise par les glaces, les eaux du fleuve en amont du port commencent à geler. Lorsque la marée commence à descendre, un mélange d'eau et de glace descend le fleuve et traverse le port avant d'arriver dans la Baie d'Hudson. La partie relativement profonde du port, le long des quais, se trouve à l'extérieur de la trajectoire courbe suivie par l'écoulement de sorte que les courants ont naturellement tendance à envoyer la glace vers le port et contre les quais. Les bateaux sont donc gênés dans leur mouvement pour s'approcher des quais et s'y amarrer et les parois des quais peuvent être endommagées. En outre, il se produit des accumulations de glace entre les parois des quais et les bateaux déjà amarrés ce qui, s'ajoutant à un courant fort de trois pieds par seconde (1 mètre par seconde) dû à la marée, peut surcharger les amarres des bateaux.

En 1965, sur la demande du Conseil des ports nationaux, le Conseil national de recherches s'est livré à une étude sur les possibilités de prolonger la durée d'utilisation du port de Churchill. On peut lire dans le rapport: "En automne, le port devient inutilisable vers le 23 octobre et l'on ne peut plus passer dans le détroit d'Hudson vers le 10 novembre quoique ce détroit se trouve plus au nord. On pense donc, en raison de la différence de ces dates, qu'il serait possible de faire quelque chose pour prolonger la durée d'utilisation du port d'environ 14 jours". Dans ce rapport, on décrit plusieurs manières de s'y prendre pour y parvenir, la plus prometteuse étant de dégager les glaces le long des quais au moyen d'une structure permanente qui s'étendrait vers l'amont et jouerait le rôle de déflecteur. Toutefois, cette proposition est accompagnée de la mise en garde: "Il est à remarquer toutefois que, même si cette technique est appliquée par étapes, une étude sur maquette serait extrêmement utile. . . ."

Le Conseil des ports nationaux a donc soutenu une étude sur maquette du port de Churchill, étude qui se fait au laboratoire d'hydraulique de la Division de génie mécanique du Conseil national de recherches. Il s'agit, principalement, d'étudier différents types de structures déflectrices des glaces et de déterminer le mouvement des sédiments et alluvions causé par cette déflexion. Le modèle a 185 pieds de lon-

gueur (56 mètres); il représente 14 miles (22 km) du fleuve Churchill et de l'estuaire ce qui donne une échelle du 1/400. Toutefois la profondeur est au 1/50. Le Dr Bruce Pratte, du laboratoire d'hydraulique, nous a dit: "Il est nécessaire d'avoir un écoulement turbulent dans la maquette mais, si nous utilisons une échelle au 1/400 pour la profondeur, les eaux sont si peu profondes à certains endroits que nous avons alors un écoulement laminaire, c'est-à-dire sans la moindre turbulence ce qui ne représente pas vraiment la situation. Avec une échelle au 1/50 pour la profondeur, l'écoulement est suffisamment profond pour être turbulent et pour représenter les mélanges d'une manière réaliste." Cette différence d'échelle pour la profondeur rend nécessaire de créer une autre déformation, celle du lit du fleuve grâce à des rugosités. Le Dr Pratte a ajouté: "Nous commençons avec un modèle comparativement lisse quant aux parois et nous ajoutons des rugosités artificielles selon le besoin. Dans la région des docks, par exemple, nous utilisons des bandes d'acier inoxydable qui dépassent du fond du lit et, plus en amont, du gros gravier ajouté par tâtonnement jusqu'à ce que, finalement, la hauteur des marées et les vitesses des courants soient en accord avec les valeurs observées dans le fleuve lui-même."

C'est notre première maquette utilisant des nappes d'eau salée et c'est l'une des premières grandes maquettes représentant des marées au Canada. La raison pour laquelle il était nécessaire de disposer d'une maquette à eau salée était que la rivière présente une stratification bien définie des eaux dans la région du port. Des mesures faites sur place ont montré qu'il existe des vitesses remarquablement différentes entre les couches plus froides à la surface de la rivière et les couches profondes et plus lourdes d'eau salée de la Baie d'Hudson. Ainsi, par exemple, à l'entrée de l'estuaire, lorsque la marée commence à monter pendant plusieurs heures, les couches salées remontent le courant jusque dans le port en suivant le chenal profond alors que, en même temps, les couches de surface plus froides continuent de descendre vers la mer. En conséquence, des boues peuvent être apportées par les couches les plus basses selon un phénomène que l'on ne pourrait pas représenter si l'on ne disposait que d'une maquette à eau douce. Écoutons le Dr Pratte: "Ce phénomène de l'écoulement peut être bien visualisé si nous utilisons un colorant pourpre au fond, c'est-à-dire dans l'eau salée, et un colorant vert dans la couche de surface plus froide. On peut ainsi s'apercevoir que le courant de surface se déplace vers l'aval alors que le courant d'eau salée pourpre remonte vers l'amont."

Une autre condition pour laquelle il est nécessaire de disposer d'eau salée se trouve dans le fait que l'on veut étudier le déplacement du front d'eau salée, c'est-à-dire de la région ne comportant qu'une trace de sel et qui pénètre vers l'amont aux très grandes marées et aux très faibles débits du fleuve. Ces renseignements sont nécessaires si l'on veut s'assurer que la prise d'eau douce de la ville de Churchill se trouve assez loin en amont pour qu'il n'y ait aucun risque de contamination par le sel d'autant plus que les débits du fleuve seront plus faibles à l'avenir lorsqu'un assez grand pourcentage de son débit sera dirigé sur le fleuve Nelson afin d'en tirer de l'énergie électrique. On utilise donc dans la maquette une sonde très sensible pour détecter la présence d'eau salée et préciser les limites de la pénétration.

La clé du succès pour mettre au point le modèle des marées se trouve dans le fait que le modèle représente fidèlement les conditions réelles dans le port. Le Dr Pratte nous a expliqué: "En fait, de construire le modèle n'a rien de particulièrement difficile et les essais, si le modèle est bon, ne

Churchill model

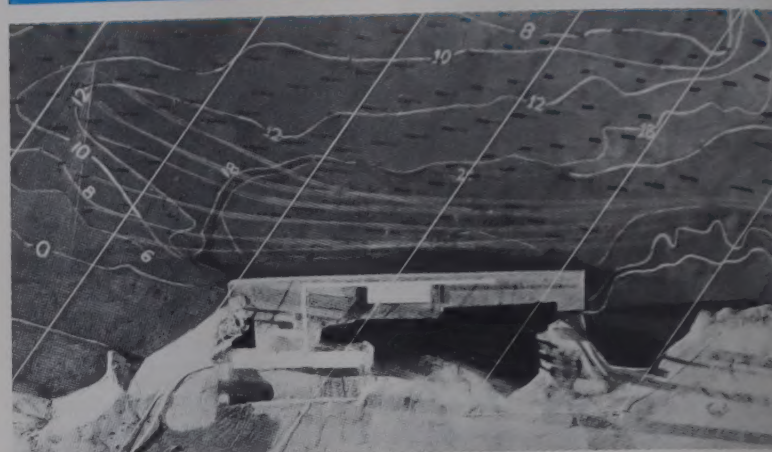
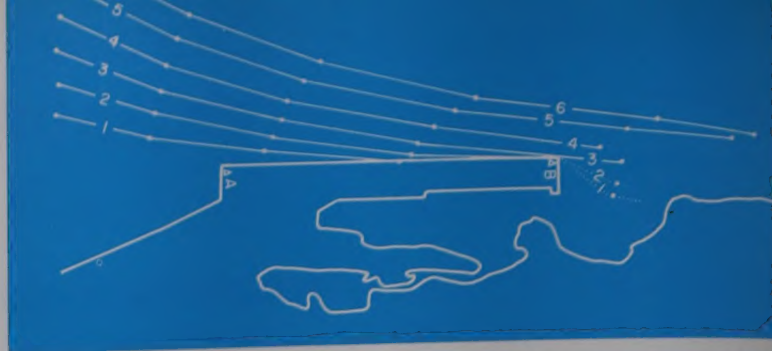
version of a proportion of the Churchill's flow into the Nelson River for hydro-electric power development. In the model tests, a very sensitive probe detects the presence of salt water and defines the penetration limit.

The key to the successful development of the tidal model lies in model validation, that is, proving that the model faithfully reproduces the actual harbor conditions. "Actually building the model is not particularly difficult," explains Dr. Pratte, "and tests run on a validated model can be quite straightforward. The major task is proving to ourselves that we have a trustworthy representation of the real thing. We have to look at surface flow patterns, water velocities at various depths at different times in the tidal cycle, and salinity measurements for different locations. We can then compare these quantities to actual measurements and observations for corresponding locations in the estuary."

Initially, the roughness of the model is adjusted until the tides recorded at the various stations along the model are correct in amplitude and phase or timing. Then the velocities are measured and roughness adjusted again to force the current to have the correct horizontal distribution across the estuary. In the NRC model, which is distorted by eight times in the vertical direction, the flow tends to concentrate in the exaggeratedly deeper channels. "It is in these deep areas," points out Dr. Pratte "that we have to concentrate the roughness to make the flow spread out over the shallower depths." Good model calibration or validation requires extensive field measurements for comparison, and in 1964-65, an NRC research team made a survey of the harbor area and estuary entrance. Six stations measuring velocity and salinity variations through the depth and over the tidal cycle were established. These same locations are studied for comparison on the model, with reasonably good agreement. Tide levels along the model are checked against tides recorded in August 1974 at two temporary tide stations further up the estuary, and instantaneous water surface elevations by survey up-river past the head of the tide.

Control of this tidal model is rather interesting. Basically the sump is kept up to sea-water salinity by a pneumatic controller which injects saturated brine from dissolved rock salt into the main sea-water pump. A meter monitors the density and signals for more or less brine to be added. The brine is necessary since the fresh-water river flow is constantly diluting the sea water in the sump, and must be made up into sea water. The pump supplies a constant flow into Hudson Bay, and the tide is produced by slowly opening or closing a large valve draining the model to the sea sump. A sensor in Hudson Bay continuously measures the water level, and an on-line EAI-640 computer compares this level with the tidal elevations or tide curve it is desired to follow. Any difference between the tide levels created in the model and the desired historical tide curve, results in a signal to the valve to open (lower) or close (raise) the water level. In addition to controlling the model, the computer records the tide levels and velocities.

Surface flow patterns in the model are recorded by photographing the movement of floating styrofoam chips. A camera mounted above the model is computer controlled to photograph the movement of the chips at predetermined intervals in the tidal cycle. The shutter on the camera is allowed to remain open for about five seconds so that the chips will produce streaks on the film, the length of these providing a measure of their velocity. Just after the shutter opens an auxiliary blade covers the lens for a short period (about one second) forming a break in the streak produced on the film, so that not only can velocity and direction be deduced from the photographs, but also sense, since the short break in the streak will always be close to its beginning. This technique is



The paths of styrofoam chips (shown in white) in the tidal model compared to the paths of floats released in the harbor show clearly the high degree of accuracy achieved by the researchers.

Les trajectoires des copeaux de styrofoam (en blanc) dans la maquette, comparées aux trajectoires suivies par les flotteurs largués dans le port, montrent clairement la haute précision obtenue par les chercheurs.

used to compare the model and prototype flow patterns. In 1965, one of the velocity measurements carried out by NRC at Churchill harbor involved the tracking of floats. These were released from a boat and followed converging paths down past the dock over the 30-minute time of the test. To test how well the model simulated these paths, six styrofoam chips were placed in the model at a position corresponding to the release point of the original floats. "We photographed the movement of the chips using a 32-second exposure (corresponding to the 30-minute original test)," says Dr. Pratte, "and the tracks which we recorded showed a remarkably close correspondence to those of the floats."

Preliminary tests of the model, with a proposed ice deflection structure added to the dock, have been quite encouraging. "With the structure in place," explains Dr. Pratte, "we used styrofoam chips again, this time over the whole area of interest. Our photographs showed that at the time of maximum outflow the structure kept the dock area almost completely clear of floating material." With the tide rising, there seemed to be no tendency for the surrogate ice-floes to move back into the harbor. Of course, strong winds which are a feature of Churchill can have an effect on these results. While Dr. Pratte emphasizes the preliminary nature of these results, they do seem to indicate that use of the Churchill dock area may be extended by a week or two by means of an ice-deflecting structure. In addition, the effect of the structure on silting patterns and maintenance dredging is also being assessed by model tests where possible, using crushed shells and gilsonite as bottom bed-load sediment tracers.

Scale modelling of river and harbor systems is not a new technique for the Hydraulics Laboratory. However, it is assuming increasing significance in a society which is becoming more sensitive to the far-reaching changes that can be effected by humankind's interference with the environment. River systems are particularly vulnerable in this respect, and the development and refinement of Canadian expertise in modelling such systems means that the effects of proposed modifications to our waterways can be studied in detail in the laboratory, avoiding damaging errors when engineering schemes are applied to nature. □

David Mosey

le modèle du Churchill . . .

présentent aucune difficulté particulière mais nous devons être sûrs que nous disposons d'une représentation fidèle des phénomènes réels. Il nous faut donc surveiller les configurations des écoulements à la surface, les vitesses des eaux à différentes profondeurs et à différents moments du cycle des marées et nous assurer que les mesures de salinité sont bonnes aux différents emplacements des mesures. Nous pouvons alors comparer ces valeurs à celles qui ont été relevées sur place dans l'estuaire."

La rugosité du fond de la maquette est modifiée jusqu'à ce que les marées enregistrées à différentes stations le long du modèle soient correctes en amplitude, en phase et en temps. Les vitesses sont alors mesurées et les rugosités sont adaptées de nouveau pour s'assurer que le courant a la répartition horizontale correcte à travers l'estuaire. Dans le modèle du CNRC qui est déformé du fait que les profondeurs sont huit fois plus grandes que dans la réalité, l'écoulement tend à se concentrer dans les chenaux rendus beaucoup plus profonds par cette déformation. De dire le Dr Pratte: "C'est dans ces régions profondes que nous devons concentrer les rugosités de manière que l'écoulement s'étale vers des régions moins profondes." Pour avoir un bon étalonnage, c'est-à-dire pour valider le modèle, il est nécessaire de comparer les mesures avec de nombreuses mesures faites sur place à Churchill. Heureusement, une équipe de chercheurs du CNRC a fait, en 1964-65, un relevé de la région du port et de l'entrée de l'estuaire. Une demi-douzaine de stations ont été utilisées pour mesurer les variations des vecteurs des vitesses et de la salinité en fonction de la profondeur et pendant toute la durée du cycle des marées. Lorsque l'on travaille avec le modèle on se sert des emplacements correspondants et l'on a trouvé que les mesures sont en assez bon accord. On compare le niveau des marées dans la maquette avec les marées enregistrées en août 1974 à deux stations temporaires, plus en amont dans l'estuaire, ainsi que les élévations instantanées de la surface des eaux à l'aide d'un relevé exécuté en amont derrière le front d'onde de la marée.

Le contrôle de ce modèle de simulation de la marée est assez intéressant. En effet, le puisard est maintenu à une salinité égale à celle de la mer grâce à un contrôleur pneumatique qui injecte de la saumure saturée donnée par du sel gemme dans la pompe principale. Un aréomètre permet de suivre l'évolution de la masse volumique et donne des signaux qui règlent l'entrée de la saumure que l'on doit ajouter puisque l'eau qui simule celle du fleuve dilue constamment l'eau de mer du puisard. La pompe donne un écoulement constant vers la Baie d'Hudson et la marée est produite en ouvrant ou en fermant lentement une grande vanne papillon permettant à l'eau qui coule dans le modèle de s'échapper vers la pompe de l'eau de mer. Un flotteur et un capteur de niveau donnent continuellement la hauteur des eaux dans la Baie d'Hudson et les valeurs mesurées entrent sur le champ dans un ordinateur EAI-640 qui compare ces hauteurs avec celles des marées ou avec le profil d'évolution de ces hauteurs que l'on désire simuler. Toute différence dans ces valeurs donne un signal qui déclenche l'ouverture, ou la fermeture, de la vanne papillon ce qui abaisse, ou élève, le niveau des eaux.

Tout en pilotant le modèle, l'ordinateur enregistre les niveaux des marées, tels qu'ils ont été mesurés par huit capteurs de niveau placés le long du modèle, et les vecteurs des vitesses mesurés par six capteurs disposés dans la région du port. Ces valeurs apparaissent sur des tableaux d'affichage instantané grâce auxquels on peut lire les valeurs des marées hautes et basses et les vitesses maximales d'entrée et de sortie des écoulements; le système donne également des profils de l'évolution des niveaux et des vecteurs des vitesses au cours des deux derniers cycles de la marée semi-diurne.

On peut suivre l'évolution des configurations des écoulements superficiels grâce à des copeaux de mousse plastique appelés "styrofoam" qui flottent à la surface; les différentes configurations sont photographiées par une caméra montée au-dessus du modèle et contrôlée par l'ordinateur selon des intervalles de temps choisis du cycle des marées. L'obturateur reste ouvert pendant cinq secondes environ de sorte que chaque copeau donne un trait sur le film; ce trait représente le vecteur d'une vitesse. Pour déterminer le sens de ce vecteur, on utilise une lame auxiliaire qui obture la caméra pendant un temps très court, d'environ une seconde, après l'ouverture de l'obturateur de sorte que cette coupure qui apparaît dans le trait est toujours proche de l'origine du vecteur. Cette technique est utilisée pour comparer les configurations des écoulements dans la maquette avec celles qui ont été observées à Churchill. En 1965, l'une des séries de mesures des vitesses exécutée par le CNRC dans le port de Churchill impliquait l'utilisation de flotteurs qui étaient largués d'un bateau et qui suivaient des trajectoires convergentes le long des quais durant les 30 minutes que durait l'essai. Pour s'assurer que l'on simulait bien ces trajectoires, six copeaux de styrofoam ont été placés dans le modèle à un endroit correspondant au point de largage des flotteurs utilisés à Churchill. Le Dr Pratte nous a dit: "Nous avons photographié le mouvement des copeaux en utilisant une durée d'exposition de 32 secondes correspondant aux 30 minutes de Churchill et nous avons remarqué que les trajectoires suivies dans le modèle correspondaient remarquablement bien avec celles qui ont été observées en réalité à Churchill."

Des essais préliminaires du modèle équipé d'une structure de déflexion des glaces ajoutée aux quais telle qu'elle avait été proposée ont donné des résultats très encourageants. Le Dr Pratte a ajouté: "Avec cette structure en place, nous avons utilisé de nouveau les flotteurs de styrofoam mais cette fois sur toute la surface qui nous intéressait. Nos photographies ont montré qu'au moment du débit maximum de la marée descendante la structure permettait d'écarter presque complètement tout ce qui pouvait flotter à la surface des eaux." Il ne semble pas non plus que les glaces flottantes simulées aient tendance à retourner dans le port à la marée montante. Naturellement, les vents forts qui caractérisent la région de Churchill peuvent avoir une influence sur ces résultats. Alors que le Dr Pratte met l'accent sur la nature préliminaire de ces résultats, ceux-ci semblent indiquer que l'utilisation de la région des quais de Churchill peut être prolongée pendant une semaine ou deux au moyen de la structure de la déflexion des glaces. En outre, l'influence de la structure sur les configurations des dépôts de boue et sur le dragage d'entretien est en cours d'évaluation; celle-ci est basée sur des essais exécutés avec ce modèle où l'on utilise, lorsque c'est possible, des coquillages écrasés et de la gilsonite pour simuler les sédiments sur le fond du fleuve.

L'utilisation de modèles réduits pour simuler des fleuves, des rivières et des ports ne constitue pas une technique nouvelle au laboratoire d'hydraulique. Toutefois, cette technique devient de plus en plus intéressante dans une société de plus en plus sensible aux variations ayant une influence lointaine et qui peuvent affecter le sort des hommes et, en même temps, leur environnement. En ce domaine, les rivières et les fleuves sont particulièrement vulnérables et le développement et l'amélioration de la compétence canadienne dans cette technique signifie que l'influence des modifications proposées dans notre système fluvial peut être étudiée en détail au laboratoire, ce qui évite de coûteuses erreurs de la part des ingénieurs lorsqu'ils étudient des modifications du cadre naturel du pays. □

Texte français: Louis-Georges Desternes

Cover: This image, taken by the first American teledetection satellite ERTS-1 (Earth Resources Technology Satellite) shows the concentrations of solids in suspension in the St. Lawrence river. Courtesy: Survey and Mapping Branch, Department of Energy, Mines and Resources, Ottawa. (Story page 4). Below: Handling of the apparatus after a water sample has been taken. Photograph by Laval University, Quebec.

Notre couverture: Gracieusement fournie par la Direction des levés et de la cartographie, Énergie, mines et ressources, Ottawa, cette prise de vue du premier satellite américain de télédétection ERTS-1 (Earth Resources Technology Satellite) démontre les concentrations de solides en suspension dans le fleuve du Saint-Laurent (voir l'article page 5). Ci-dessous: manipulation de l'appareil après la prise d'un échantillon d'eau. Photographie de l'Université Laval, Québec.

